

**Das Promotionsvorhaben mit dem Titel**

**Stadthotels in Deutschland zwischen Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit  
-Studie auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen**

**Vorgelegt von Bahaa Dwaji**

Thesen zur Dissertation

**Stadthotels in Deutschland zwischen Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit – Studie  
auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen**

Zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing)

an der  
Bauhaus-Universität Weimar

**Vorgelegt von**

Bahaa Dwaji  
M.Sc. Architektur  
Geb. am 15.05.1983 in Latakia-Syrien

**Erstgutachter**

Prof. Dr.-Ing. Bernd Nentwig  
Professur für Baumanagement und Bauwirtschaft  
Bauhaus Universität Weimar

**Zweitgutachter**

Prof. Dipl.-Ing. Stefan Stür  
Professor für Klimagerechtes Bauen und Technischen Ausbau  
am IBK, Technische Universität Dresden

Weimar, 19.4.2016

# Inhaltsverzeichnis

<b>I. Einleitung.....</b>	<b>6</b>
<b>II. Zielsetzung.....</b>	<b>10</b>
<b>III. Methodik und Gliederung.....</b>	<b>10</b>
<b>IV. Methodisches Vorgehen der Arbeit.....</b>	<b>11</b>
<b>V. Problemstellung.....</b>	<b>12</b>
<b>VI. Forschungsstand.....</b>	<b>15</b>
<b>1. Grundlagen und theoretische Erkenntnisse.....</b>	<b>17</b>
1.1. Die Energieeffizienz – Definition und Indikatoren .....	17
1.2. Die gesetzliche Entwicklung der Energieeffizienz von Gebäuden.....	18
1.3. Die Energieeinsparverordnung (EnEV) als Bestandteil der Energieeffizienz in Gebäuden .....	21
1.3.1. Definition.....	21
1.3.2. Entwicklung und wichtigste Änderungen der EnEV.....	21
1.3.3. Zusammenfassung .....	25
<b>2. Empirische Untersuchung im Rahmen der Energieeffizienz bei Stadthotels in Deutschland.....</b>	<b>27</b>
2.1. Grundlagen der empirischen Untersuchung.....	27
2.1.1. Kriterien .....	27
2.1.2. Methoden.....	27
2.1.3. Prozesse.....	28
2.2. Methodik der empirischen Untersuchung.....	29
.....	<b>29</b>
2.2.1. Fragestellung der Untersuchung.....	30
2.2.2. Zielsetzung der empirischen Untersuchung .....	30
2.2.3. Designentwicklung - Schriftliche Befragung (Fragebogen).....	30
2.2.4. Durchführung der schriftlichen Befragung.....	32
2.3. Auswertung und Analyse der erhobenen Daten.....	34
.....	<b>34</b>
2.3.1. Auswertung der Energiesituation und Energiekosten bei den erforschten Hotels .....	35
2.3.1.1. Aufteilung von Energieverbrauch und Energiekosten.....	35
2.3.1.2. Auswertung des Energie- und Warmwasserverbrauchs für das jeweilig untersuchte Hotel.....	37
2.3.1.3. Auswertung der Energiekosten am Umsatz .....	38
2.3.2. Auswertung der Hoteldaten Daten .....	39
2.3.2.1. Auswertung der allgemeinen Hoteldaten .....	39
2.3.2.2. Auswertung der Daten im Bereich Gebäudetechnik.....	43
2.3.2.3. Auswertung der Daten im Bereich Gebäudehülle.....	61
2.4. Zusammenfassung.....	70
<b>3. Gebäudehülle versus Gebäudetechnik: energetische Untersuchung zur Beurteilung der Energiesparpotenziale in Bereichen der Gebäudehülle und Gebäudetechnik der Hotel - Studie auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen. ....</b>	<b>73</b>

3.1. Zielsetzung der energetischen Untersuchung .....	73
3.2. Methodik .....	73
3.3. Darstellung der Methodik .....	77
3.4. Definition der untersuchten Hotelvarianten .....	79
3.4.1. <i>Standard-Hotelvariante</i> .....	79
3.4.1.1. Zusammenfassung der Merkmale der Standard-Hotelvariante .....	80
3.4.2. <i>EnEV2007- Hotelvariante</i> .....	82
3.4.2.1. Zusammenfassung der Merkmale der EnEV2007-Hotelvariante in Bereichen Gebäudehülle und Gebäudetechnik gemäß der EnEV2007-Anforderungen .....	87
3.4.3. <i>EnEV2014-Hotelvariante</i> .....	89
3.4.3.1. Zusammenfassung der Merkmale der EnEV2014-Hotelvariante in den Bereichen Gebäudehülle und Gebäudetechnik gemäß der EnEV2014-Anforderungen .....	94
3.5. Aufbau des Ausführungsmodells der Hotelvarianten .....	96
3.6. Das Energieberechnungsprogramm ZUB-Helena .....	99
3.6.1. Überblick über die Struktur des Programms .....	99
3.7. Ausführung der energetischen Berechnung .....	100
3.7.1. <i>Methodik zur Ausführung der energetischen Berechnung</i> .....	101
3.7.2. <i>Interpretation der Ergebnisse der energetischen Untersuchung im Bereich Gebäudehülle</i> .....	105
3.7.3. <i>Interpretation der Ergebnisse der energetischen Untersuchung im Bereich Gebäudetechnik</i> .....	110
3.7.4. <i>Gebäudehülle versus Gebäudetechnik- Darstellung der Wirksamkeit der Optimierung vom jeweiligen Bereich auf die Verringerung des Energiebedarfs in Hotels.</i> .....	114
3.7.5. <i>Interpretation der Ergebnisse der energetischen Untersuchung im Hinblick auf die Übertragung der EnEV-Anforderungen auf den Gesamthotelbetrieb</i> .....	116
3.8. Zusammenfassung der Ergebnisse .....	117
 <b>4. Ökonomische Untersuchung zur Auswertung der Wirtschaftlichkeit der Investition in Stadthotels auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen</b> .....	 <b>119</b>
4.1. Zielsetzung der wirtschaftlichen Untersuchung .....	119
4.2. Grundlagen zur Investitionsrechnung .....	120
4.2.1. <i>Methoden der Investitionsrechnung</i> .....	121
4.2.1.1. Statische Methode .....	121
4.2.1.2. Dynamische Methode .....	123
4.2.1.3. Moderne Verfahren - vollständige Finanzpläne (VOFI) .....	128
.....	129
.....	129
4.3. Datenermittlung der Investitionsrechnung mittels des VOFIs bezogen auf die wirtschaftliche Untersuchung der vorliegenden Arbeit .....	137
4.3.1. <i>Direkte Zahlungen</i> .....	137
4.3.2. <i>Indirekte Zahlungen</i> .....	145
4.3.3. <i>Energie-Daten</i> .....	146
4.3.4. <i>Investitionsentscheidungen</i> .....	147
4.3.4.1. Investitionszeitraum .....	147
4.3.4.2. Eigenkapital .....	147
4.3.4.3. Fremdfinanzierung .....	148

4.4. Aufbau des Modells der vollständigen Finanzpläne (VOFI) bezogen auf die Anforderungen der vorliegenden Arbeit .....	151
4.4.1. Methodik und Kennzahlen des Modells .....	151
4.4.2. Beschreibung des VOFI- Modells .....	152
4.4.2.1. Struktur und Kennzahlen des Modells .....	152
<b>5. Durchführung der Investitionsrechnung mittels VOFI.....</b>	<b>163</b>
5.1. Methodik .....	163
5.1.1. Darstellung der Methodik .....	164
5.1.2. Zielgrößen der Investitionsrechnung und Beurteilungsprinzipien .....	165
5.2. Ergebnisse der Investitionsrechnung .....	166
5.2.1. Szenario1: Die Investition in die Gebäudehülle.....	167
5.2.1.1. Interpretation der Ergebnisse der wirtschaftlichen Untersuchung für das Szenario1 .....	170
5.2.2. Szenario2: Die Investition in die Gebäudetechnik .....	174
5.2.2.1. Interpretation der Ergebnisse der wirtschaftlichen Untersuchung für das Szenario2 .....	178
5.2.2.2. Gebäudehülle vs. Gebäudetechnik.....	183
5.2.3. Szenario3: Die Investition im Gesamthotelbetrieb.....	184
5.2.3.1. Interpretation der Ergebnisse der wirtschaftlichen Untersuchung für das Szenario3 .....	185
5.3. Zusammenfassung der Ergebnisse der Wirtschaftlichen Untersuchung.....	186
5.4. Vergleich der VOFI-EK-Rendite mit den Energiesparpotenzialen der jeweiligen Investition in den Hotels .....	187
5.4.1. Kritische Betrachtung für die Investition im Bereich Wärmeversorgungssystem auf Grundlagen der EnEV 2014-Anforderungen.....	188
<b>6. Die Sensitivitätsanalyse .....</b>	<b>189</b>
6.1. Definition .....	189
6.2. Die Sensitivitätsanalyse bezogen auf die Bestimmung des Einflusses der Abweichung von einer oder mehreren Inputgrößen auf die Zielgröße der Investitionsrechnung .....	189
6.2.1. Anwendung der Sensitivitätsanalyse .....	190
6.2.2. Grundlagen zur Sensitivitätsanalyse bezogen auf die wirtschaftliche Untersuchung der vorliegenden Arbeit .....	190
6.2.2.1. Bestimmung der möglichen Schwankungen der Inputgrößen.....	191
6.2.2.2. Methoden der Sensitivitätsanalyse .....	193
6.2.2.3. Darstellung der Sensitivitätsanalyse.....	194
6.2.2.4. Methodik zur Durchführung der Sensitivitätsanalyse .....	196
6.2.2.5. Durchführung der Sensitivitätsanalyse .....	197
6.2.2.6. Bestimmung der einflussreichsten Inputgrößen auf die VOFI-Rendite .....	206
6.2.2.7. Bestimmung der einflussreichsten Inputgrößen auf den Amortisationszeitraum .....	220
6.3. Die Sensitivitätsanalyse in Hinsicht auf die Bestimmung der Zulässigen Abweichung der Inputgrößen (Kritische-werte-Rechnung) .....	225
6.3.1. Durchführung der Analyse .....	225
6.3.1.1. Interpretation der Analyse (kritische-Werte-Rechnung) für die Investitionskosten der betrachteten Investitionen in Hotels .....	227

6.3.1.2. Interpretation der Analyse (kritische-Werte-Rechnung) für die laufenden Einnahmen der betrachteten Investitionen in Hotels.....	229
6.3.1.3. Interpretation der Analyse (kritische-Werte-Rechnung) für den Energiepreisstiegsindex bei den betrachteten Investitionen in Hotels.....	231
6.3.1.4. Interpretation der Analyse (kritische-Werte-Rechnung) für den langfristigen FK-Zins bei den betrachteten Investitionen in Hotels .....	233
6.3.2. Zusammenfassung der Analyse (kritische-Werte-Rechnung) .....	234
<b>7. Zusammenfassung der vorliegenden Arbeit und deren Ergebnisse.....</b>	<b>236</b>
7.1. Die theoretischen Grundlagen.....	236
7.2. Die empirische Untersuchung.....	236
7.3. Die energetische Untersuchung .....	238
7.4. Die wirtschaftliche Untersuchung.....	240
7.4.1. Investitionsrechnung .....	240
7.4.2. Sensitivitätsanalyse .....	242
<b>8. Fazit.....</b>	<b>244</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>246</b>
<b>Literaturverzeichnis-Web.....</b>	<b>249</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>251</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>256</b>
<b>Formelverzeichnis .....</b>	<b>260</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>261</b>
A-1. Anschaffungskosten der technischen Anlagen in Hotels.....	261
A-2. Anschaffungskosten der Bauteile in Hotels.....	263
A-3. Energiepreise pro kWh .....	264
A-4. Energieverbrauch jeweiliger Investition (absolut (kWh/a)) .....	264
A-5. Energiekosten bezogen auf den Energieverbrauch jeweiliger Investition.....	264

# *Stadthotels in Deutschland zwischen Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit - Studie auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen*

## *I. Einleitung*

Die Energieeffizienz stellt heutzutage eines der wichtigsten Themen weltweit dar, und ist auf nationaler und globaler Ebene von großer Relevanz. Sie beeinflusst maßgeblich die Ausformung heutiger und zukünftiger Energienutzung und trägt demzufolge zum rationalen Umgang mit Energie-Ressourcen bei. Die Bedeutung des Strebens nach Energieeffizienz steigt kontinuierlich, gerade in Anbetracht des weltweiten wachsenden Energieverbrauchs. Nach einem Bericht der internationalen Energieagentur (IEA), wird der Primärenergiebedarf um ca. 1.7% pro Jahr bis 2030 expandieren. Ein großer Anteil davon wird durch den Verbrauch von fossilen Energiequellen gedeckt.<sup>1</sup> Die zunehmende Nutzung von knappen konventionellen Energieträgern kann schließlich zur Erschöpfung der Energie-Ressourcen weiterhin zur Erhöhung der CO<sub>2</sub> Emissionen führen, welche eine wesentliche Auswirkung auf unseren Lebensstandard ebenso auch auf unsere Umwelt hinterlassen kann. In diesem Zusammenhang ist das Bewusstsein der Risiken, die durch die Unverantwortliche Energienutzung entstehen können, eine Notwendigkeit und hilft dabei, deren Folgen entgegenzuwirken.

Neben den Aspekten der Umwelt sind aber auch die ökonomischen Faktoren zur Steigerung der Energieeffizienz maßgeblich. In Anbetracht der Energiepreisentwicklung in Deutschland ist festzustellen, dass die Energiepreise in den letzten 10 Jahren deutlich gestiegen sind. Nach einem Bericht vom Statistischen Bundesamt (Daten zur Energiepreisentwicklung 2014) sind die folgenden Fakten über den Energie-Preissteigerungsindex zu berücksichtigen. Die Statistik zeigt, dass die Verbrauchspreise von fossilen Energieträgern wie Erdgas und Heizöl in den vergangenen 10 Jahren deutlich erhöht wurden. In Bezug auf das Basisjahr (2010=100) stieg der Preisindex für den Verbrauch von Erdgas von 75,1 im Jahr 2003 bis auf 111,5 im Jahr 2008. Im Jahr 2009 ist ein kurzfristiger Rückgang der Preise zu bemerken, jedoch stiegen sie ab 2010 kontinuierlich weiter und erreichten ein Hoch 111,7 im Jahr 2013. Der Preisindex für den Verbrauch von Erdgas ist in Folge um ca. 32% vom Jahr 2003 bis zum Jahr 2013 gestiegen. Eine ähnliche Entwicklung ist bei Verbrauchspreisen von Heizöl festzustellen. Im Jahr 2003 lag der Preisindex für den Verbrauch von Heizöl bei 55,9. Dieser Wert erhöhte sich im Laufe der nächsten 10 Jahre mit einem kleinen Rückgang im Jahr 2009, und erreichte schließlich 127,5 im Jahr 2013 mit einem Steigerungsanteil in Höhe von 56% gegenüber dem Jahr 2003.<sup>2</sup>

Die Steigerung der Energiepreise ist dem zu Folge ein Fakt, der schließlich dazu führt, dass die gesamten Betriebskosten von Gebäuden wie Heizung, Warmwasserbereitung und elektrische Energieversorgung steigen, was infolgedessen Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit des Gebäudes provoziert.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl. (Schmid C., 2004, S. 23,24)

<sup>2</sup> Vgl. Statistisches Bundesamt (2014)

<sup>3</sup> Vgl. (Junghans, 2009, S. 1)

Die ökonomischen als auch die ökologischen Aspekte bilden daher wichtige Einflussfaktoren zur rationalen und effizienten Energienutzung in Gebäuden, um den Energieverbrauch bzw. die Energiekosten zu verringern als auch umweltfreundliche Bauten erstellen zu können.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird der Schwerpunkt auf dem Gebiet „Stadthotels in Deutschland“ liegen. „Ein Stadthotel dient sehr zweckorientiert primär der Erfüllung des Aufenthaltsmotivs der Gäste aufgrund von Geschäftsterminen, Messbesuchen, Tagungen, Konferenz und Städtebesichtigungen“.<sup>4</sup>

Um sich einen Überblick über die Hotellerie in Deutschland zu verschaffen, werden zunächst Daten bezogen auf die Anzahl der Hotellerie, die Anzahl der Übernachtungen einschließlich ihrer Auslastung beleuchtet. Weiterhin werden Fakten über ökologische und ökonomische Aspekte mit Rücksicht auf den Energieverbrauch in Hotels dargelegt. Dabei werden insbesondere die CO<sub>2</sub>-Emissionen und die Energiekosten in Erwägung gezogen.

- **Zahlen über die Hotellerie in Deutschland**

Laut einem Bericht vom Deutschen Hotel- und Gaststättenverband DEHOGA basierend auf der Datenerhebung des Statistischen Bundesamtes, gliedert sich die Hotellerie in Deutschland in vier Gruppen: Hotels, Gasthöfe, Pensionen, Hotels garnis. Die Gesamtzahl der Hotellerie in Deutschland beträgt ca. 36.608 Einrichtungen, davon sind 11.407 Hotels, was fast ein Drittel der gesamten Hotellerie ausmacht (Abb. 1).<sup>5</sup>

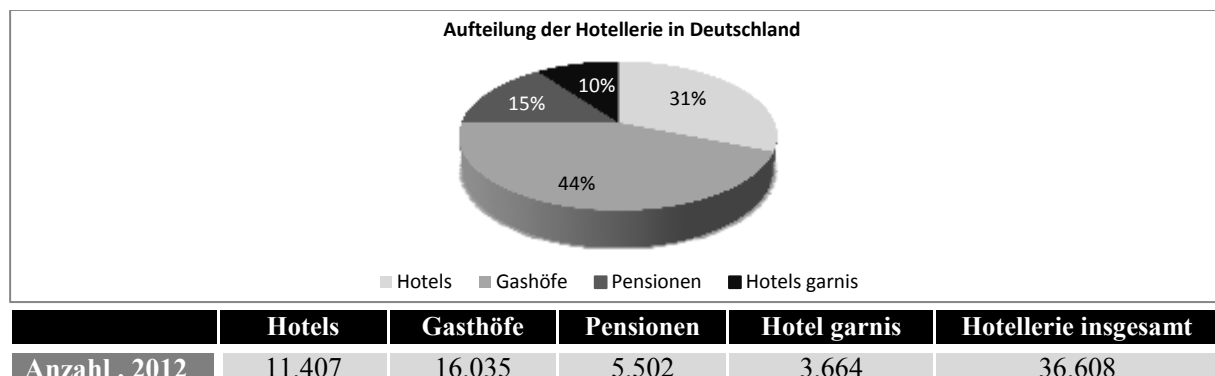


Abbildung 1: Aufteilung der Hotellerie in Deutschland, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. DEHOGA (2014)

Im Hinblick auf die Anzahl der Übernachtungen in der deutschen Hotellerie ist laut einer Studie des statistischen Bundesamtes festzustellen, dass die Anzahl der Übernachtungen in den letzten 10 Jahren einen deutlichen Zuwachs aufweist. Im Jahr 2014 wurden allein ca. 424 Millionen Übernachtungen (in- und ausländische Gäste) in Beherbergungsbetrieben in Deutschland dokumentiert. Diese Zahl stellt ein Plus von immerhin ca. 20 % gegenüber dem Jahr 2004 dar (Abb. 2).<sup>6</sup> Die Durchschnittliche Auslastung der Gästezimmer im Jahr 2014 betrug dabei 59,1% und macht somit ein Plus von ca. 1,2% gegenüber dem Jahr 2013 aus.<sup>7</sup> Die zuwachsende Anzahl von Übernachtungen und die Steigerung der Auslastung zeigt zur Folge einen Aufschwung in der Hotellerie und somit in Gastronomie Branche in Deutschland.

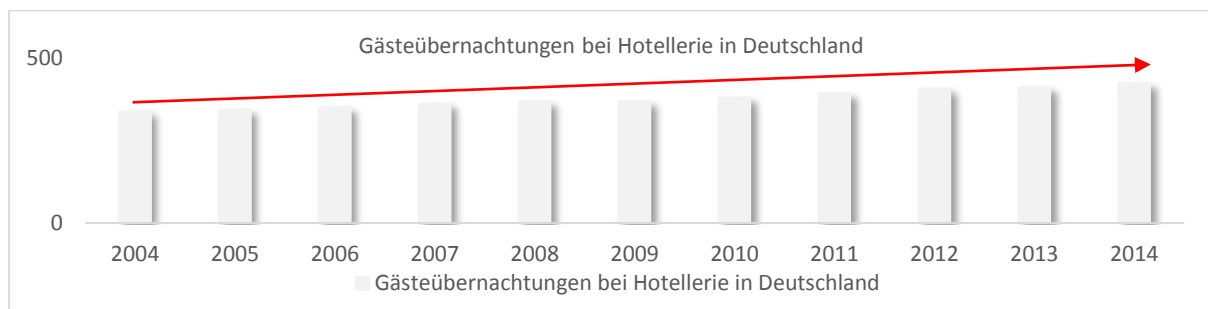
<sup>4</sup> (Doleschal, 2008, S. 67)

<sup>5</sup> Vgl. DEHOGA (2014)

<sup>6</sup> Vgl. Statista (2013)

<sup>7</sup> Vgl. DEHOGA (2014)





Jahr	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Übernachtungen in Mio	338,7	343,9	351,2	361,8	369,5	368,7	380,3	393,2	407,3	411,8	424

Abbildung 2: Entwicklung der Gästeübernachtungen bei Hotellerie in Deutschland, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. Statista (2013)

### • *Fakten über ökologische Aspekte hinsichtlich des Energieverbrauchs in Hotels*

Im Rahmen der ökologischen Dimension werden zunächst Fakten über die CO<sub>2</sub>-Emissionen hinsichtlich des Energieverbrauchs der Hotels in Deutschland erläutert. Ein erster Überblick über die CO<sub>2</sub>-Emissionen lässt sich sehr anschaulich anhand einer Studie der "Energiekampagne Gastgewerbe" des DEHOGA ableiten. Die Daten zeigen, dass ca. 2,5 Mio.t CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Jahr auf die klassifizierten Hotels in Deutschland entfallen.<sup>8</sup> In Anbetracht des CO<sub>2</sub> Ausstoßes von Nichtwohngebäuden ist gemäß einer Studie vom "Institut Wohnen und Umwelt" (IWU) über den CO<sub>2</sub>-Ausstoß von Wohn- und Nichtwohngebäuden abzuleiten, dass die Nichtwohngebäuden für ca. 14% der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland verantwortlich sind (Gesamtemissionen in Deutschland beträgt ca. 890 Mio.t CO<sub>2</sub>).<sup>9</sup> Dies ergibt somit, dass ca. 124,6 Mio.t auf die Nichtwohngebäude in Deutschland entfallen, was darauf schließen lässt, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen von klassifizierten Hotels lediglich ca. 2% an den gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Nichtwohngebäude ausmachen (Abb. 3). Ferner ist Angesichts der Tatsache, dass die Anzahl der klassifizierten Hotels rund die Hälfte der gesamten deutschen Hotels ausmacht, davon auszugehen, dass dieser Anteil sich bis zu ca. 4% in Relation zu den gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Nichtwohngebäude erhöhen könnte.<sup>10</sup>

Da somit ersichtlich ist, dass die oben erwähnten 124,6 Mio.t. CO<sub>2</sub>-Emissionen von Nichtwohngebäuden ca. 14% der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland ausmachen, ergibt dies zur Folge, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Hotels in Deutschland einen sehr geringen Anteil gegenüber dem gesamten CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Deutschland beitragen.

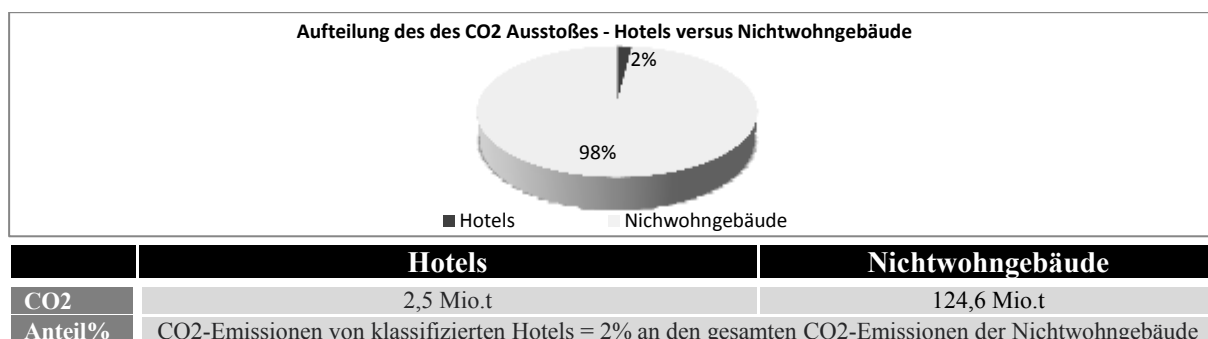


Abbildung 3: Aufteilung des CO<sub>2</sub> Ausstoßes - Hotels versus Nichtwohngebäude, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. DEHOGA (2011) & Institut Wohnen und Umwelt (IWU)

<sup>8</sup> Vgl. DEHOGA (2011)

<sup>9</sup> Vgl. Institut Wohnen und Umwelt (IWU)

<sup>10</sup> Vgl. Energieverbrauch in der Hotellerie (2012)

- **Fakten über ökonomische Aspekte bezüglich des Energieverbrauchs in Hotels**

Um die ökonomische Dimension bezüglich des Energieverbrauchs in Hotels in Deutschland zu bemessen, werden im Folgenden Daten über die Energiekosten der Hotels dargelegt. Einen ersten Eindruck über die Energiekosten kann durch die Studie der "Energiekampagne Gastgewerbe" der DEHOGA gewonnen werden. Die Studie gibt Auskunft über die Energiekosten am Umsatz von verschiedenen Hotelkategorien (2 bis 5 Sterne Hotels), dabei beträgt der niedrigste Wert der Energiekosten 5% am gesamten Umsatz, während der höchste Wert bis zu 7,7% erreicht.<sup>11</sup> Eine Ähnliche Untersuchung wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit bei Hotels in Deutschland durchgeführt. Dabei zeigen die erfassten Daten, dass die Energiekosten am Gesamtumsatz der erforschten Hotels zwischen 3,70% und 10,50% abweichen. Ferner ist anhand der Daten über die Situation der Energiekosten der Hotels festzustellen, dass die Energiekosten ein Problemfeld für die Mehrheit der untersuchten Hotels darstellen. Laut DEHOGA bezeichnen ca. 65% der befragten Hotels die Energiekosten als ein Hauptproblemfeld.<sup>12</sup> Darüber hinaus ist gemäß der in vorliegender Arbeit durchgeführten Untersuchung darauf hinzudeuten, dass die meisten untersuchten Hotels (14 Hotels = 63%) die Energiekosten als „Hoch“ und somit als ökonomisches Problemfeld betrachtet. (Abb.4).

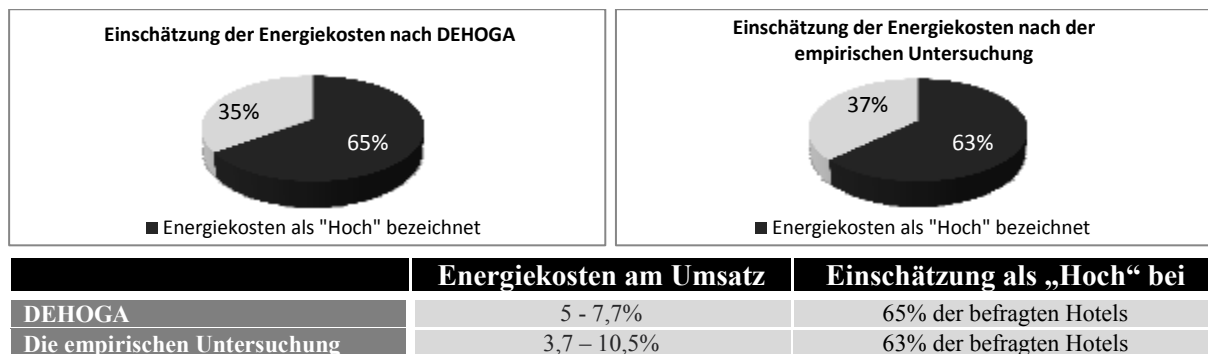


Abbildung 4: Einschätzung der Energiekosten, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. DEHOGA (2012) & die empirische Untersuchung in Stadthotels in Deutschland

Durch die oben dargestellten Daten und Fakten über die ökologischen und ökonomischen Aspekte bezüglich des Energieverbrauchs der Hotels in Deutschland wird vor allem ersichtlich, dass die ökonomische Dimension bzw. die Energiekosten einen maßgeblichen Einflussfaktor beim Streben nach einer Steigerung der Energieeffizienz der Hotels in Deutschland darstellen, welche schließlich dazu dient, der Energieverbrauch und somit die Energiekosten zu verringern einschließlich der CO<sub>2</sub>-Emissionen bei Hotels weiter zu senken.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich in Folge mit der Energieeffizienz bei Stadthotels in Deutschland und basiert auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen. Die Arbeit setzt sich mit einer quantitativen und qualitativen Analyse von Stadthotels auseinander und wird grundsätzlich in Vier Arbeitsphasen durchgeführt, welche im Rahmen der Methodik und Gliederung der Arbeit weiter erläutert werden.

Insgesamt setzt sich diese Analyse also zum Ziel einen Beitrag zur wissenschaftlichen Forschung im Rahmen der Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit bei Stadthotel in Deutschland zu leisten.

<sup>11</sup> Vgl. DEHOGA (2012)

<sup>12</sup> Vgl. DEHOGA (2012)

## **II. Zielsetzung**

Prinzipien und Maßnahmen der Energieeffizienz im Bereich Design, Implementierung und Verwaltung sollen bei Stadthotels integriert werden, um den Energieverbrauch bzw. die Energiekosten in Stadthotels zu verringern, einen Beitrag zum Umweltschutz zu leisten und schließlich ökologische als auch ökonomische touristische Einrichtungen zu schaffen. Die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit besteht darin, Erkenntnisse über die Energieeffizienz auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen und deren Wirtschaftlichkeit bei Stadthotels in Deutschland zu gewinnen.

## **III. Methodik und Gliederung**

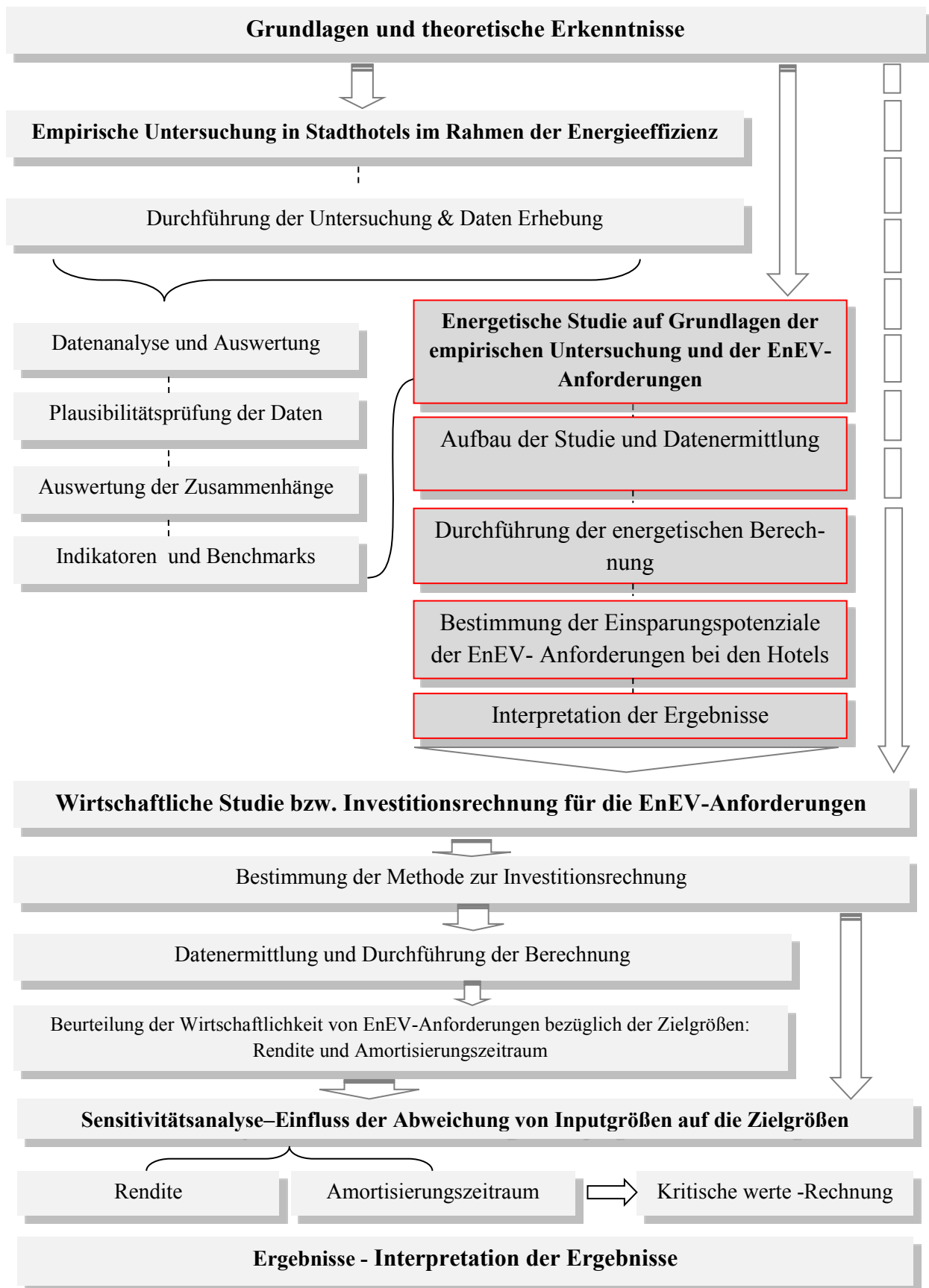
Die vorliegende Arbeit besteht grundsätzlich aus 4 Abschnitten:

- a) **Abschnitt 1:** im Abschnitt 1 werden die Grundlagen bzw. der theoretische Teil der Arbeit erläutert. Es handelt sich hierbei um eine kurze Darstellung der gesetzlichen Entwicklungen der Energieeffizienz von Gebäuden in Deutschland. Darüber hinaus werden insbesondere die Energieeinsparverordnung (EnEV), ihre Definition, Entwicklung und Anforderungen einschließlich ihres Ziels und Prinzips tiefer expliziert.
- b) **Abschnitt 2:** Der Abschnitt 2 bezieht sich auf eine empirische Untersuchung in Stadthotels in Deutschland hinsichtlich der Energieeffizienz. Diese wird durch einen Fragebogen erarbeitet, welcher Befragungen über die folgenden Bereiche beinhaltet:
  - allgemeine Hoteldaten
  - die Energiesituation und Energiekosten
  - die Gebäudetechnik
  - die Gebäudehülle

Die empirische Untersuchung dient anschließend dazu, Daten, Zahlen und Informationen im Rahmen der erwähnten Forschungsbereiche zu sammeln, miteinander in Beziehung zu setzen und zu analysieren. Dies soll dazu beitragen, Indikatoren bezüglich der Energieeffizienz bei Stadthotels in Deutschland zu identifizieren.

- c) **Abschnitt 3:** Beim Abschnitt 3 handelt es sich um die Durchführung von einer energetischen Studie in Stadthotels. Die energetische Studie zielt schließlich darauf ab, die Energiesparpotenziale, die durch die Übertragung von EnEV-Anforderungen auf die Stadthotels realisiert werden können, zu bestimmen und zu beurteilen.
- d) **Abschnitt 4:** Der Abschnitt 4 bezieht sich auf eine wirtschaftliche Studie der EnEV-Anforderungen bei Stadthotels. Durch die Übertragung von EnEV-Anforderungen auf Stadthotels können Energieeinsparungen erzielt werden. Diese können jedoch mit hohen Anforderungen an Gebäudetechnik und Gebäudehülle verbunden sein, welche wiederum mit hohen Investitionskosten verknüpft sein können. Die wirtschaftliche Berechnung dient infolgedessen dazu, die Wirtschaftlichkeit der Investition im Bereich der Energieeffizienz auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen bei Stadthotels auszuwerten.

#### IV. Methodisches Vorgehen der Arbeit



## V. Problemstellung

**Warum soll nach Energieeffizienz in Hotels gestrebt werden?** Um diese Frage beantworten zu können, werden zunächst Fakten, Faktoren und Daten im Rahmen des Energieverbrauchs und Energiekosten in der Hotellerie dargestellt.

In Bezug auf die Energiekosten bei der Hotellerie in Deutschland sind die folgenden Fakten in Betracht zu ziehen. Laut einem Bericht vom Deutschen Hotel- und Gaststättenverband (DEHOGA), beträgt der Energiekostenanteil in der Hotellerie und Gastronomie in Deutschland im Schnitt 5,0 bis 7,7% des gesamten Betriebsumsatzes. Dieser variiert je nach Hotelkategorie. *„Bei Beherbergungsbetrieben mit bis zu zwei Sternen ist der Anteil der Energiekosten am Umsatz am höchsten, er macht knapp 8 Prozent aus. Beherbergungsbetriebe mit drei Sternen sowie Gaststätten kommen im Schnitt auf knapp 7 Prozent. Bei den Spitzenkategorien ist der Anteil der Energiekosten am Umsatz etwas geringer, weil die Zimmerpreise höher sind“*.<sup>13</sup> (Tab.1).

		Beherbergung				Gaststätten
		0-2 Sterne	3 Sterne	4 Sterne	5 Sterne	0-2 Sterne
Energie	Energiebedarf pro Übernachtung (Ün) bzw. pro Gedeck	73,2 kWh/Ün	52,5 kWh/Ün	56,2 kWh/Ün	120,6 kWh/Ün	12,3 kWh/Gd
	Energiekosten pro Umsatz	7,7%	6,8%	5,9%	5,0%	6,7%
	Energiebedarf für Heizung und Warmwasser pro beheizte m²	159,2 kWh/m²	165,4 kWh/m²	137,6 kWh/m²	141,4 kWh/m²	265,0 kWh/m²
Klima	CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Übernachtung (Ün) bzw. pro Gedeck	24,7 kg/Ün	16,9 kg/Ün	21,0 kg/Ün	47,6 kg/Ün	4,1 kg/Gd
Wasser	Wasserbedarf pro Übernachtung (Ün) bzw. pro Gedeck	347 Liter/Ün	250 Liter/Ün	308 Liter/Ün	522 Liter/Ün	55 Liter/Gd
Abfall	pro Übernachtung (Ün) bzw. pro Gedeck	9,1 Liter/Ün	4,0 Liter/Ün	3,4 Liter/Ün	3,7 Liter/Ün	1,7 Liter/Gd

Tabelle 1: Hoteldaten Erhebung, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. DEHOGA 2012

Laut DEHOGA stellen die vorliegenden Energiekostenanteile ein Hauptproblemfeld für einen großen Anteil der Hoteliers in Deutschland dar. Dies wurde durch eine Befragung von der DEHOGA überprüft. Im Sommer 2010 zeigte die Statistik, dass 58% der befragten Hoteliers die Energiekosten als eines der größten Hauptproblemfelder in der Hotellerie bezeichnen.<sup>14</sup> Im Winter 2011/12 stieg dieser Anteil, und erreichte ca. 65% der Befragten.<sup>15</sup>

Hauptproblemfelder in der Hotellerie im Sommer 2010 nach Anteil der Befragten: (Mehrfachnennungen möglich)		
1	Energiekosten:	58% (Vorjahr: 54%) ▲
2	Betriebskosten allgemein:	49% (Vorjahr: 60%) ▼
3	Personalgewinnung:	31% (Vorjahr: 18%) ▲
4	Steuern/Sozialabgaben:	30% (Vorjahr: 48%) ▼
5	weniger Umsatz pro Gast:	28% (Vorjahr: 33%) ▼
6	Personalkosten:	25% (Vorjahr: 27%) ▼
7	weniger Gäste:	25% (Vorjahr: 33%) ▼
8	Personalpolitik:	24% (Vorjahr: 22%) ▲

Tabelle 2: Hauptproblemfelder in der Hotellerie 2010  
Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. DEHOGA 2011

Hauptproblemfelder in der Hotellerie Winter 2011/12 nach Anteil der Befragten: (Mehrfachnennungen möglich)		
	Energiekosten:	65% (Vorjahr: 65%) ►
	Betriebskosten allgemein:	42% (Vorjahr: 45%) ▼
	Personalgewinnung:	33% (Vorjahr: 32%) ▲
	Personalkosten:	24% (Vorjahr: 22%) ▲
	Steuern/Sozialabgaben:	21% (Vorjahr: 19%) ▲
	Behördliche Auflagen:	19% (Vorjahr: 17%) ▲
	weniger Umsatz pro Gast:	18% (Vorjahr: 18%) ►
	weniger Gäste:	15% (Vorjahr: 16%) ▼

Tabelle 3: Hauptproblemfelder in der Hotellerie 2011/12  
Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. DEHOGA 2012

<sup>13</sup> DEHOGA (2012)

<sup>14</sup> Vgl. DEHOGA (2011)

<sup>15</sup> Vgl. DEHOGA (2012)

Eine ähnliche Studie wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) durchgeführt. Dabei wurden mehrere Branchen von Gebäuden in Deutschland untersucht. Darunter befanden sich auch Hotels. Die Befragung befasste sich mit dem Energiekostenanteil am Umsatz als auch mit einer passenden Einstufung des Anteils in die Kategorien „hoch“, „mittelmäßig“ und „niedrig“. Der Bericht lässt beobachten, dass 52% der befragten Hotels in Deutschland die Energiekostenbelastung als „Hoch“ bezeichnen. Dabei liegt der durchschnittliche Energiekostenanteil am Umsatz bei 9,0 % (Mittelwert) (Tab. 4).<sup>16</sup>

Branchengruppe	Geschätzter Energiekostenanteil (%)				Einstufung als "hoch"	
	Mittelwert	Median	Min.	Max.	Anzahl	Anteil
Baugewerbe	5,1	4	1	23	16	9 %
Bürobetriebe	5,5	4	1	40	54	11 %
Herstellung	4,9	3	1	22	29	14 %
Handel	4,5	3	1	30	98	22 %
Krankenhäuser	4,9	3,5	1	25	18	28 %
Schulen	9,1	5	1	42	21	21 %
Bäder	19,2	19,5	2	45	15	59 %
<b>Hotels</b>	<b>9,0</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>25</b>	<b>40</b>	<b>52 %</b>
Gaststätten	8,7	5	1	30	25	31 %
Nahrungsmittel	6,5	5	1	35	42	31 %
Wäschereien	9,1	5	1	29	11	32 %
Landwirtschaft	10,0	10	1	40	40	39 %
Gartenbau	7,9	5,5	1	25	4	19 %
Sonstige	5,9	3	1	25	23	29 %

Tabelle 4: Abschätzung des Energiekostenanteils und Beurteilung des Anteils nach Branchengruppen

Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. BMWi 2013

**Welche Faktoren beeinflussen den Energiekostenanteil am Umsatz von Hotels?** Der Energiekostenanteil am Umsatz von Hotels ist unter anderem von folgenden Faktoren abhängig: **die Effizienz der Energienutzung und die Energiepreise**. In Bezug auf die Energiepreise ist nach Angaben vom Statistischen Bundesamt 2014 festzustellen, dass die Preise von fossilen Energieträgern wie Heizöl und Erdgas in Deutschland in den letzten 10 Jahren deutlich gestiegen sind.<sup>17</sup> Weiterhin heißt es laut TECSON, betrugen die Heizölkosten in Deutschland Anfang des Jahres 2003 rund 38,6 Euro/100 Liter. Dies variierte in den folgenden Monaten immer wieder. Zu Beginn des Jahres 2009 lag der Preis schließlich bei 51,8 Euro/100 Liter. Im Jahr 2013 stiegen die Preise weiter gegenüber den vorherig betrachteten Jahren und erreichten am Ende des Kalenderjahres rund 84,1 Euro/100 Liter (Abb. 5).<sup>18</sup>

**Woran lag diese Steigerung?** Verschiedene Gründe spielen hierfür eine Rolle. Ein sehr entscheidender ist hier die wachsende Nachfrage nach knappen Ressourcen und fossile Energiequellen wie Öl und Erdgas. Laut der International Energy Agency (IEA) ist der Verbrauch von fossilen Energiequellen in den letzten 30 Jahren deutlich gestiegen (Abb. 6).<sup>19</sup> Die Steigerung des Energieverbrauchs hatte zur Folge einen Einfluss auf die Energiepreise und hat somit zur Steigerung der Energiepreise beigetragen.

<sup>16</sup> Vgl. BMWi (2013, S.93)

<sup>17</sup> Vgl. Statistisches Bundesamt (2014)

<sup>18</sup> Vgl. Tecson (2013)

<sup>19</sup> Vgl. Energy Systems Limited (BGR) (2013)

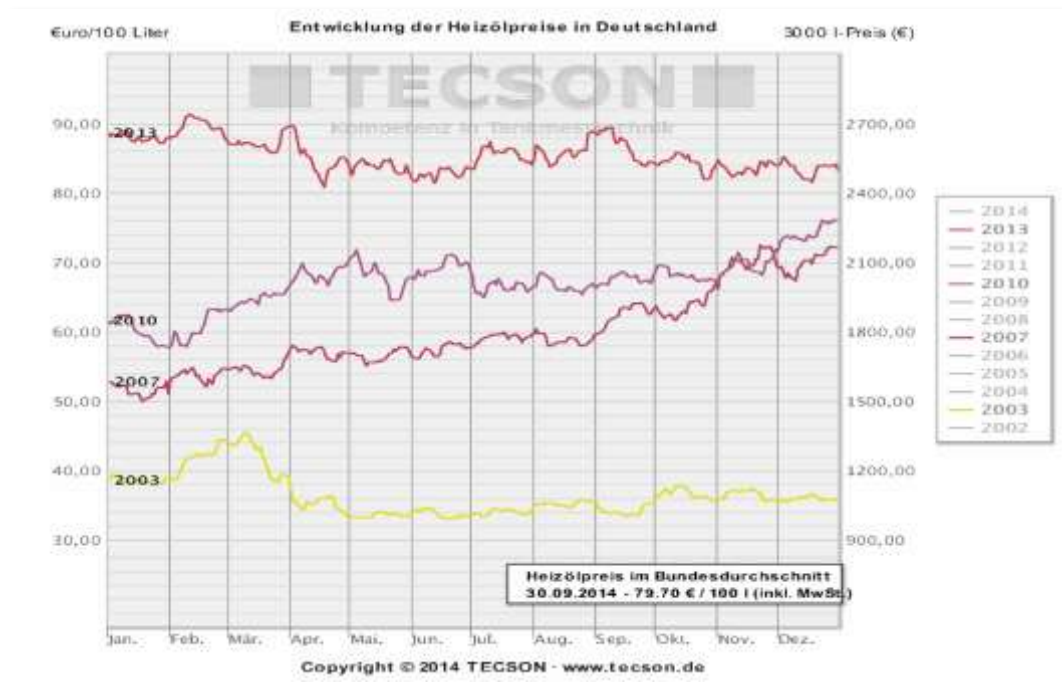


Abbildung 5: Entwicklung der Heizölpreise in Deutschland, Quelle: Tecson (2013)

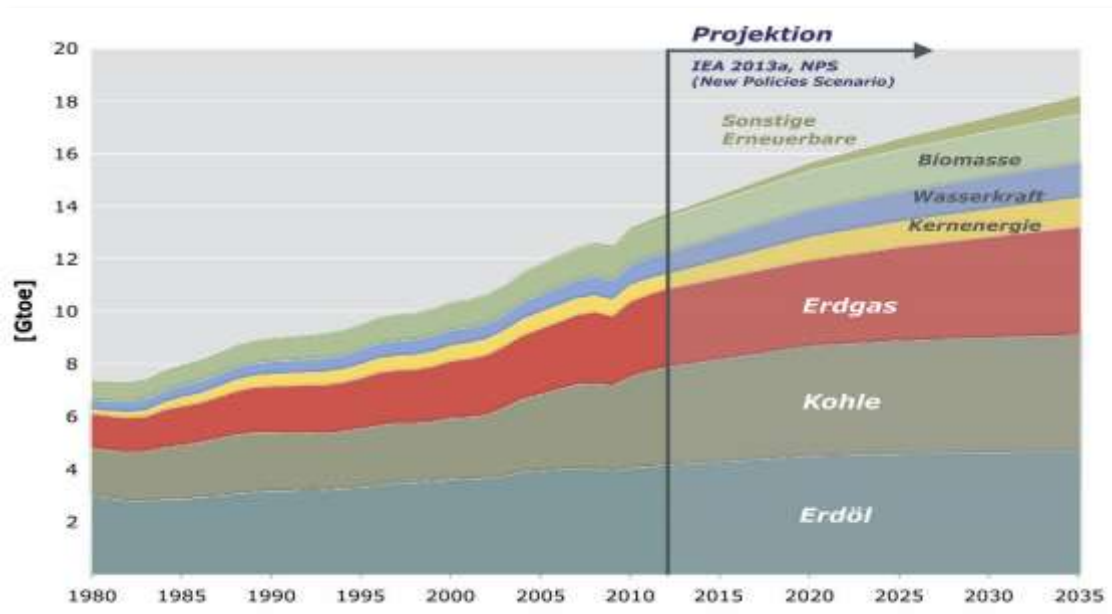


Abbildung 6: Entwicklung des globalen Primärenergieverbrauchs nach Energieträgern und ein mögliches Szenario der künftigen Entwicklung, Quelle: Energy Systems Limited (BGR) (2013)

**Wie gestaltet sich die Entwicklung des Energieverbrauchs in der Zukunft?** Laut der IEA ist davon auszugehen, dass die Nachfrage für fossile Rohstoffe in den nächsten Jahren weiter steigen könnte. Man nimmt daher an, dass die Energiepreise höchstwahrscheinlich proportional dazu anwachsen werden.

Hinsichtlich dieser Diagnose als auch der bereits genannten Fakten könnte der Energiekostenanteil am Umsatz in Hotels zu einem ernsthaften als auch wachsenden Problem in den nächsten Jahren werden. Ausgehend davon sollte sich der Anreiz bei den Hoteliers erhöhen, Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz zu ergreifen, um dadurch den Energiekostenanteil am Umsatz zu verringern und darauf basierend umweltfreundliche Hotels zu schaffen.



## VI. Forschungsstand

In der Literatur und in wissenschaftlichen Abhandlungen über die Energieeffizienz in Gebäuden ist anzumerken, dass sich zahlreiche Wissenschaftler mit diesem Thema beschäftigt haben und mehrere Systeme zur Energieeffizienz weltweit geschaffen und weiterentwickelt wurden. Hervorstechende Beispiele auf diesem Gebiet sind unter anderem das von BRE (*Building Research Establishment Ltd.*) entwickelte BREEAM System im Jahr 1990 (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*),<sup>20</sup> als auch das US-amerikanische LEED System 1998 (*Leadership in Energy and Environmental Design*), welches vom *U.S. Green Building Council* (USGB) entwickelt wurde und weltweit als eines der bekanntesten Systeme hinsichtlich der Energieeffizienz gilt.<sup>21</sup>

In Deutschland stellt das Thema Energieeffizienz auch eine aktuelle Problematik dar und befindet sich schon seit langem im Fokus von Forschern, Wissenschaftlern und Instituten. *Die deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen* (DGNB) ist eine der führenden Organisation in diesem Zusammenhang. Ziel ist die ökologischen, sozialen und ökonomischen Dimensionen als auch die Lebensdauer des Gebäudes gleichermaßen in Betracht zu ziehen. Die DGNB hat Zertifizierungssysteme für unterschiedliche bauliche Nutzungen entwickelt, einschließlich der Hotellerie im Rahmen der Energieeffizienz.<sup>22</sup> Parallel zur DGNB wurde bezüglich dieses Themas ebenfalls in diversen anderen Instituten und Verbänden geforscht. *Der Deutsche Hotel- und Gaststättenverband* (DEHOGA Bundesverband)<sup>23</sup> ist beispielsweise einer der Verbände in Deutschland, der sich seit einigen Jahren mit dem Thema „Energieeffizienz in Hotels und Gaststätten“ auseinandersetzt. Dabei wurden Energiesparmaßnahmen entwickelt, die zur Steigerung der Energieeffizienz in Hotels und Gastronomie beitragen können.

Im Rahmen der Forschung zum Thema „*Energiemanagement in Hotels und Gastronomie*“ wurden in den letzten Jahren in Deutschland als auch in dessen Nachbarländern wie Österreich und der Schweiz mehrere Studien und Arbeiten vorgelegt. An dieser Stelle ist die RAVEL Studie zu nennen „*Energiemanagement in der Hotellerie (hotelleriesuisse, Bundesamt für Energie, Energie-Agentur der Wirtschaft) 2010*“.<sup>24</sup> Diese Arbeit zeigt bedeutsame, wirtschaftliche Energiesparmaßnahmen auf, die zur Optimierung der Energieeffizienz und Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Hotellerie beitragen.

Weitere Forschungen die in diesem Zusammenhang zu nennen sind, sind folgende: „*Energieeffizienz und CO<sub>2</sub>-Emissionen der Schweizer Hotellerie (Schegg & Amstutz), 2004*“<sup>25</sup> als auch „*Energiemanagement in der Hotellerie und Gastronomie (Wirtschaftskammer Österreich), 2012*“.<sup>26</sup> Daran anknüpfend und aufgrund der aktuellen Energiediskussion soll die vorliegende Arbeit einen weiteren wissenschaftlichen Beitrag darstellen, der dazu beitragen soll, wissenschaftliche Erkenntnisse bezüglich der Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit in Stadthotels in Deutschland zu erwerben.

---

<sup>20</sup> Vgl. BREEMAN

<sup>21</sup> Vgl. LEED

<sup>22</sup> Vgl. DGNB

<sup>23</sup> Vgl. DEHOGA

<sup>24</sup> Vgl. RAVEL (2010)

<sup>25</sup> Vgl. Hotelpower (2004)

<sup>26</sup> Vgl. Hotelpower (2012)



# ***Kapitel I***

## ***Grundlagen und theoretische Erkenntnisse***

- *Die Energieeffizienz – Definition und Indikatoren*
- *Die gesetzliche Entwicklung der Energieeffizienz von Gebäuden*
- *Die Energieeinsparverordnung (EnEV) als Bestandteil der Energieeffizienz in Gebäuden*

## 1. Grundlagen und theoretische Erkenntnisse

### 1.1. Die Energieeffizienz – Definition und Indikatoren

Unter dem Begriff „Energieeffizienz“ wird die rationale Nutzung der Energie verstanden. In der Literatur und in wissenschaftlichen Arbeiten weist jedoch die Definition der Energieeffizienz mehrere Perspektiven auf. Dazu zählt: *Die Energieeffizienz* ist ein Gradmesser, welcher sich auf den minimalen Energieeinsatz für den Betrieb von einer energiebezogene Dienstleistung bezieht. Dabei soll die Energie möglichst effizient und ohne Verschwendung eingesetzt werden.<sup>27</sup> Eine weitere Definition der Energieeffizienz handelt es sich weiterhin darum: *Die Energieeffizienz* ist ein Maß, welches durch die *Qualität der Energieumwandlung* ermittelt werden kann. Die Energieeffizienz eines Systems wird hier durch die Menge der Energie, welche durch die Umwandlung verloren gehen kann, bestimmt. Je niedriger der Energieverlust durch die Energieumwandlung, desto höher ist die Energieeffizienz des Systems.<sup>28</sup>

Neben den in der Literatur dargestellte Definitionen sind aber auch Indikatoren zur Bestimmung der Energieeffizienz, die ebenfalls in Erwägung zu ziehen sind. Die am häufigsten verwendeten Indikatoren für die Energieeffizienz können in folgenden Aspekten gegliedert werden: *Die Energieproduktivität und Die Energieintensität*.

- Die Energieproduktivität ist ein Prozentsatz, der die Produktivität eines Systems in Bezug zur Menge der jeweiligen eingesetzten Energie stellt. Dabei kann sich das System um eine Maschine, ein Kraftwerk, ein Gebäude oder sogar eine Volkswirtschaft handeln. Infolgedessen ergibt sich die Energieproduktivität daraus ( $\text{Energieproduktivität} = \text{Produktion (Output)} / \text{Energieeinsatz (Input)}$ ). Als rechnerische Ergänzung beträgt zum Beispiel die Energieproduktivität für das Energieversorgungssystem in Deutschland 64,9%. Dies ergibt sich daraus, dass vom gesamten Energieeinsatz, welcher 100% beträgt, 64,9% als Endenergie genutzt wird. 35,1% geht hier durch Wandlungsprozesse verloren. Somit bezieht sich die Energieproduktivität schließlich auf den Wirkungsgrad eines Systems.
- Die Energieintensität im Hingegen stellt sich als Gegensatz zur Energieproduktivität dar, und beschäftigt sich mit dem Verhältnis von Energieeinsatz zu der Produktion ( $\text{Input/Output}$ ). Somit bezieht sich die Energieintensität auf die Menge der jeweilig eingesetzten Energie, die für eine Produktion oder ein System benötigt wird.<sup>29</sup>

In Hinblick auf die in der Literatur erläuterten Begriffe als auch auf die oben dargestellten Definitionen über die Energieeffizienz ist schließlich festzustellen, dass die meisten Begriffserklärungen sich auf das Verhältnis zwischen der Energieintensität und der Energieproduktivität bei einem System beziehen. Je niedriger die Energieintensität für eine bestimmte energetische Nutzung bzw. je höher der Energieproduktivität für einen bestimmten energetischen Einsatz, desto höher ist die Energieeffizienz des Systems. Darüber hinaus stellt sich die Energieeinsparung durch Energiesparmaßnahmen einen weiteren Bestandteil zur Steigerung der Energieeffizienz.

---

<sup>27</sup> Vgl. (Danyel T. Reiche, 2005, S. 191)

<sup>28</sup> Vgl. (Fresner, 2009, S. 90)

<sup>29</sup> Vgl. (Danyel T. Reiche, 2005, S. 191,192)

## 1.2. Die gesetzliche Entwicklung der Energieeffizienz von Gebäuden

Die gesetzliche Entwicklung der Energieeffizienz von Gebäuden hat grundsätzlich ab den 1970er Jahren eingesetzt. Bis in die 1970er Jahre wurden außer der Beachtung der bauphysikalischen Mindeststandard (DIN 4108) keine gesetzlichen Voraussetzungen im Rahmen der Reduzierung des Energiebedarfs in Gebäuden durchgeführt. Dies hat sich jedoch im Jahr 1973 aufgrund der Ölkrise und der zunehmenden Bedenken zur Erschöpfung von fossilen Energieträgern einschließlich des Umweltschutzes stark geändert. Aufgrund der neuen Situation war die Nutzung fossiler Energieträger zu überdenken. Dies führte später dazu, die ersten *politischen Reglementierungen* in diesen Rahmen zu gründen. In Folge wurde das *Energieeinspargesetz* (EnEG) im Jahr 1976 durchgesetzt.<sup>30</sup> Das Gesetz zielte darauf ab, die Energieverluste bei neu errichteten Bauten möglichst zu minimieren. Dies wurde ebenso auch in bestehenden Gebäuden durchgeführt, allerdings musste dabei berücksichtigt werden, dass die vorgeplanten Energiesparmaßnahmen in Hinsicht auf die Nutzungsdauer des Gebäudes möglichst wirtschaftlich waren.<sup>31</sup> Ein Jahr später 1977 wurde schließlich die *Wärmeschutzverordnung* (WschVO) und im Jahr 1978 die *Heizanlagenverordnung* (HeizAnIV) auf Basis des Energieeinspargesetzes (EnEG) ins Leben gerufen.

Die Wärmeschutzverordnung (WschVO) wurde in der ersten Phase bei allen Gebäuden durchgesetzt. Nichtberücksichtigt jedoch wurden dabei die unterschiedlichen Nutzungen von Gebäuden. Mit der Wärmeschutzverordnung wurden die maximalen „U-Werte“<sup>32</sup> zur Verringerung der Transmissionswärmeverluste als auch die „Fugendurchlasskoeffizienten“<sup>33</sup> zur Reduzierung der Lüftungswärmeverluste als Bewertungskriterien bestimmt. Die Wärmeschutzverordnung wurde doch im Laufe der Zeit weiter entwickelt. So wurde die erste Novellierung der Verordnung im Jahr 1984 durchgeführt. Mit der Novellierung wurden zusätzlich Anforderungen „*bei baulichen Veränderungen an bestehenden Gebäuden*“ verabschiedet. Im Jahr 1995 folgte dann die zweite Novellierung der Verordnung mit der Festlegung des „*maximal zulässigen Jahres-Heizwärmebedarfs*“.<sup>34</sup>

Die Heizanlagenverordnung (HeizAnIV) wurde im Jahr 1978 verabschiedet und hat das Ziel, die Emissionen von umweltschädlichen Abgasen zu reduzieren als auch die Nutzung von Energie weiter zu verbessern. Die Verordnung wurde in den folgenden Jahren entsprechend der Entwicklung und dem Stand der Technik weiter aktualisiert, bis hin zum 4. Mai 1998. Die von 1998 novellierte HeizAnIV symbolisiert die letzte Version der Heizanlagenverordnung.<sup>35</sup>

Einen weiteren Schritt zur gesetzlichen Entwicklung der Energieeffizienz von Gebäuden den es zu beleuchten gilt, ist die gesetzliche Fassung für den Vorrang erneuerbarer Energien, welche auch als Erneuerbare-Energie-Gesetz (EEG) bezeichnet wurde. Das Gesetz wurde am

---

<sup>30</sup> Vgl. (Prytula, 2011, S. 81)

<sup>31</sup> Vgl. (Andreas Weglage, 2008, S. 5)

<sup>32</sup> (Karl J. Habermann, 2006, S. 213): „U-Wert- der Wärmedurchgangskoeffizient ist ein Kennwert für die Wärmemenge in Watt, die pro Quadratmeter bei einem Temperaturunterschied von 1 Kelvin durch ein Bauteil zur kälteren Seite hin abfließt“

<sup>33</sup> (Schittich, 2003, S. 162): „Fugendurchlasskoeffizienten ist Maß für den Luftaustausch über die Flügel- und Blendrahmen eines Fensters in einer bestimmten Zeit bei einer bestimmten Luftdruckdifferenz (—> Blower-Door-Test). Unkontrollierter Luftaustausch ist ein bestimmender Faktor für die Wärmeverluste eines Gebäudes“

<sup>34</sup> Vgl. (Prytula, 2011, S. 81)

<sup>35</sup> Vgl. (Hans Jürgen Krolkiewicz, 2009, S. 18)

29.03.2000 veröffentlicht und ist am 01.04.2000 in Kraft getreten. Das EEG zielte darauf, den Anreiz für den Einsatz von regenerativen Energien zur Erzeugung von Strom und Wärme zu steigern, um schließlich die Nutzung von fossilen Energieträgern zu reduzieren und zur Folge dessen Mitwirkung zur Schonung des Klimas zu leisten.<sup>36</sup> Das Gesetz wurde seit 2000 mehrmals novelliert und weiter ergänzt. Die letzte Novellierung wurde im Jahr 2014 durchgeführt und trat schließlich am 01. August 2014 in Kraft.<sup>37</sup>

Ein deutlicher Aufschwung dieser Entwicklung erschien im Jahr 2002, in dem die neue Verordnung „*Energieeinsparverordnung (EnEV)*“ verabschiedet wurde und in Kraft getreten ist. Eines der wichtigsten Merkmale dieser Verordnung besteht darin, dass die Gebäudetechnik und die Konstruktion des Gebäudes zum ersten Mal gleichermaßen in Betracht gezogen wurden. Mit der Energieeinsparverordnung EnEV erstmals auch Anforderungen an Gebäudehülle und technische Anlagen zur Wärmeerzeugung auf Grundlagen der Wärmeschutzverordnung (WschVO) und Heizanlagenverordnung (HeizAnV) gestellt. Weiterhin wurde auch der Höchstwert des Jahres-Primärenergiebedarfs für Heizung und Warmwasserbereitung bestimmt.<sup>38</sup>

Darüber hinaus wurden im Jahr 2002 die Gesetze im Rahmen der Energieeffizienz von Gebäuden weiter verschärft. Am 16.12.2002 wurde über die *europäische Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden* festgelegt, „dass ab 2006 jedes Gebäude bei Erstellung, Verkauf oder Mieterwechsel einen Energiepass erhalten soll, um den Nutzern in ihren Kauf- oder Mietentscheidungen eine größere Wahlmöglichkeit zu geben“.<sup>39</sup> Dies wurde in Deutschland durch die EnEV 2007 realisiert. Laut dieser sollen somit die Gebäude in Deutschland bei Erstellung, Verkauf oder Mieterwechsel Energieausweis erhalten.

Laut den EU-Richtlinien sollte den Energiepass ein Energiekennwert über die Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes beinhalten. Aus diesem Grund wurde in Deutschland die DIN V 18599 entwickelt, die als Grundlage zur Berechnung vom Energiebedarf und Energieverbrauch von Gebäuden festgelegt. Die DIN V18599 wurde jedoch lediglich für Nichtwohngebäude in der EnEV 2007 umgesetzt. Die Anwendung der Vornorm bei Wohngebäuden erfolgte erst in der EnEV 2009. Ein wichtiges Merkmal bei der EnEV 2007 besteht schließlich darin, dass Anforderungen an Wohn-, als auch an Nichtwohngebäude bei der Verordnung vorgenommen wurden, im Gegensatz zu den vorherigen EnEV, welche sich lediglich auf die Wohngebäude bezogen haben.

Zusätzlich wurden die Anforderungen der Energieeinsparverordnung EnEV mit jeder Novellierung weiter verschärft und somit die Energiesparpotenziale weiter gesteigert. Als weitere Novellierung der EnEV stellt sich die EnEV 2009 dar, mit den neuen Änderungen der Verordnung wurden weitere Einschränkungen für den Jahres-Primärenergiebedarf von Gebäuden durchgesetzt. Darüber hinaus wurde die EnEV2009 durch *das Gesetz zur Förderung erneuerbarer Energien im Wärmebereich (EEWärmeG)* entwickelt und weiter verschärft.

---

<sup>36</sup> Vgl. (Schmeisser, 2010, S. 179)

<sup>37</sup> Vgl. EEG-aktuell 2014

<sup>38</sup> Vgl. (Prytula, 2011, S. 81)

<sup>39</sup> (Prytula, 2011, S. 81)

Das EEWärmeG trat am 1.1.2009 in Kraft und wurde im Jahr 2011 novelliert. Das EEWärmeG zielte darauf ab, die Nutzung von regenerativen Energien zur Wärmeerzeugung in Gebäuden zu steigern, was dazu beitragen sollte, das Klima zu schützen und fossile Energieressource zu erhalten. Durch das EEWärmeG wurde somit geplant, den Anteil erneuerbarer Energien in Gebäuden bis zu 14% des Gesamtbedarfs für Wärme bis zum Jahr 2020 zu steigern.<sup>40</sup> *„Das Gesetz sieht vor, dass bei Neubauten ein Mindestanteil des Wärmebedarfs durch erneuerbare Energien gedeckt werden muss, d.h. konkret: 15% bei solarthermischen Anlagen, 30% bei Nutzung gasförmiger Biomasse, 50% bei Nutzung flüssiger oder fester Biomasse, Geothermie oder Umweltwärme und 50% bei Nutzung von KWK-Anlagen“.*<sup>41</sup>

Im Rückblick auf die EnEV-Entwicklung wurde die Verordnung im Laufe der nächsten Jahre nach der EnEV2009 weiter Novelliert und verstärkt. Als aktuelle Novellierung der Verordnung stellt sich heute die EnEV2014 dar. Mit der EnEV2014 sind die Anforderungen an den Jahres-Primärenergiebedarf und die Mindestanforderungen an die Gebäudehülle bei neuen Gebäuden weiter verschärft, darüber hinaus wurden auch verstärkte Anforderungen an bestehenden Gebäuden jedoch mit geringem Maß festgelegt.<sup>42</sup>

In Hinsicht auf die gesetzliche Entwicklung der Energieeffizienz von Gebäuden ist anschließend darauf hinzuweisen, dass die Energieeinsparverordnung EnEV ein wesentlicher Bestandteil dieser Entwicklung darstellt und sie seit der ersten Fassung im Jahr 2002 bis hin zum Jahr 2014 deutlich entwickelt wurde.

Aus diesem Grund und aufgrund der Abhängigkeit der vorliegenden Arbeit über EnEV-Anforderungen wird im Folgenden die Definition der Verordnung, die wichtigsten Änderungen sowie deren Anforderungen einschließlich ihres Ziel und Prinzip weiter erläutert, was dazu anleiten soll, sich einen vertieften Blick über die Verordnung zu verschaffen.

---

<sup>40</sup> Vgl. (Prytula, 2011, S. 82)

<sup>41</sup> (Prytula, 2011, S. 82)

<sup>42</sup> Vgl. (Schettler-Köhler, 2014, S. 4)

### **1.3. Die Energieeinsparverordnung (EnEV) als Bestandteil der Energieeffizienz in Gebäuden**

#### **1.3.1. Definition**

- **Energieeinsparverordnung EnEV**

*„Die Energieeinsparverordnung EnEV ist die Vorschrift, welche die EU-Gebäuderichtlinie konkret umsetzt und als Kernstück die Verpflichtung zur Erstellung von Energieausweisen für bestehende und neu zu errichtende Gebäude enthält. Durch diese Rechtsverordnung sind die Anforderungen an die Gebäudeenergieeffizienz und die Energieeinsparung konkret geregelt. Sie setzt die vom EnEG vorgegebenen Rahmenbedingungen in für die Praxis anwendbare Detailregelungen um“.*<sup>43</sup>

- **EU-Gebäuderichtlinie**

Die EU-Gebäuderichtlinie ist eine Vorschrift, welche das Ziel hat *„die Verbesserung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden unter Berücksichtigung der äußeren klimatischen, lokalen Bedingungen den Anforderungen an das Innenraumklima und der Kostenwirksamkeit zu unterstützen“.*<sup>44</sup>

#### **1.3.2. Entwicklung und wichtigste Änderungen der EnEV**

Die Energieeinsparverordnung EnEV wurde seit der ersten Fassung am 1.02.2002 mehrmals novelliert. Mit jeder Novellierung wurden weitere Einschränkungen und Verschärfungen bei den Anforderungen der Verordnung durchgesetzt, um den Energiebedarf einschließlich des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes von Neubauten zu reduzieren. Um einen Überblick über die wichtigsten Änderungen der EnEV-Anforderungen zu erlangen, werden im Folgenden die grundsätzlichen Novellierungen der EnEV bis hin zur aktuellen Verordnung erläutert. Diese sind wie folgt zu gliedern:

- EnEV 2002
- EnEV 2004
- EnEV 2007
- EnEV 2009
- EnEV 2014 (aktuelle Novellierung)

#### **EnEV 2002 und 2004**

Die EnEV 2002 stellt die erste Version der Energieeinsparverordnung dar und ist am 01.02.2002 in Kraft getreten. Mit der neuen Verordnung EnEV wurde beabsichtigt, ca. 30% des Energiebedarfs von Neubauten gegenüber der WschVO 1995 einschließlich der CO<sub>2</sub> Emissionen zu verringern.<sup>45</sup> Die neue Verordnung umfasste zum ersten Mal die Wärmeschutzverordnung (WSchVO) und die Heizungsanlagenverordnung (HeizAnIV) und somit die Anforderungen an bauliche als auch an heizungs-anlagentechnische Aspekte in Gebäuden.<sup>46</sup>

---

<sup>43</sup> (Thomas Gramlich, 2010, S. 228)

<sup>44</sup> (Weglage, 2008, S. 3)

<sup>45</sup> Vgl. (Weglage, 2008, S. 3)

<sup>46</sup> Vgl. (Prytula, 2011, S. 81)

Zur Berechnung der EnEV2002-Anforderungen wurden die folgenden DIN-Vornormen festgelegt:

- *DIN V 4108-6 (11/2000) (7) (baulicher Wärmeschutz)*
- *DIN V 4701-10 (02/2001) (8) (Heizungs- und anlagentechnischer Teil).*<sup>47</sup>

Die Abhängigkeit der EnEV von Normen führte infolgedessen dazu, dass sie aufgrund der ständigen Entwicklung der Normen ebenso auch dementsprechend weiter entwickelt und novelliert werden sollte.

Die erste Novellierung der EnEV wurde am 26.05.2004 von der Bundesregierung verabschiedet. Am 08.12.2004 ist somit die neue Energieeinsparverordnung EnEV 2004 in Kraft getreten.<sup>48</sup> Mit der neuen Verordnung wurden schließlich keine weitere Verschärfungen gegenüber der EnEV 2002 vorgenommen, jedoch sollten bei der EnEV 2004 zum einen die Verfahren weiter vereinfacht als auch die Rechtsklarheit und Rechtssicherheit der Verordnung weiter gesteigert werden. Das Ziel der neuen Novellierung besteht schließlich darin, die EnEV-Anforderungen mit der Entwicklung der Technik übereinzustimmen.<sup>49</sup> Dabei wurden die folgenden Normen in Betracht gezogen, an denen die EnEV 2004 angepasst wurde:

- *DIN EN 832: 2003-06 (Ersatz für DIN EN 832: 1998-2)*
- *DIN 4108-2: 2003-07 (Ersatz für DIN 4108-2: 2001-03)*
- *DIN V 4108-6: 2003-06 (Ersatz für DIN V 4108-06: 2000-11).*<sup>50</sup>

### **EnEV 2007**

Als weitere Novellierung der Energieeinsparverordnung etablierte sich die EnEV2007, die am 01. Oktober 2007 in Kraft trat.<sup>51</sup> Mit der EnEV 2007 wurden Mindestanforderungen an „*Neubauten, Modernisierungen, Um- und Ausbauten sowie Erweiterungen bestehender Gebäude mit den Mindestanforderungen für Heizungs-, Kühl- und Raumluftechnik sowie Warmwasserversorgung*“<sup>52</sup> geschaffen wurden.

Das Berechnungsverfahren für die EnEV 2007 wurde auf Grundlagen der neuen Vornorm DIN V 18599 ermittelt, welche auf Basis der folgenden Vornormen abgeschlossen wurde:

- *Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN,*
- *Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik (NHRS) im DIN*
- *Normenausschuss Lichttechnik (FNL) im DIN*

Die DIN V 18599 dient schließlich dazu, Berechnungen zur Ermittlung von Nutz-, End-, und Primärenergiebedarf für die technischen Anlagen sowie Wärmeversorgungssystem (Heizung, Trinkwasser) einschließlich Beleuchtungs-, Klima- und Lüftungsanlagen durchzuführen. Neben der Gebäudetechnik wurden weiterhin die Anforderungen an Gebäudehülle und die nutzungsbezogenen Randbedingungen von Gebäuden durch die DIN V 18599 ebenso in Betracht

---

<sup>47</sup> (Erich Cziesielski, 2002, S. 2)

<sup>48</sup> Vgl. (Hans-Dieter Hegner, 2005, S. 29)

<sup>49</sup> Vgl. (Hans-Dieter Hegner, 2005, S. 30)

<sup>50</sup> (Hans-Dieter Hegner, 2005, S. 31)

<sup>51</sup> Vgl. (Weglage, 2008, S. 26)

<sup>52</sup> (Weglage, 2008, S. 23)

gezogen. Schließlich ist darauf hinzuweisen, dass die DIN V 18599 zur Regelung der energetischen Berechnung für neu errichteten und bestehenden Bauten als auch für Wohn- und Nichtwohngebäude einsetzbar war.<sup>53</sup>

In Hinblick auf die EnEV2007-Anforderungen transportierte die Verordnung Randbedingungen und Regelungen aus der vorherigen Verordnung EnEV2004 weiter. Dabei sind aber auch neue Änderungen festgelegt wurden. Die wesentlichen Änderungen bei der EnEV2007 gegenüber der EnEV2004 beziehen sich grundsätzlich auf:

- Die Neufassung von Anforderungen an Nichtwohngebäude.
- Neue Anforderungen an bestehenden Gebäude, wie :
  - Den Einsatz von alternativen Energieversorgungssystemen,
  - Den sommerlichen Wärmeschutz,
  - Die energetische Inspektion des Klimaanlage-Systems.<sup>54</sup>
- Die Regelung von neuen Pflichtaspekten, wie:
  - Die Pflicht für die öffentlichen Gebäude einen Energieausweis zu besitzen,
  - Die Pflicht zur Ermittlung vom Energiebedarf für Beleuchtungsanlagen bei Nichtwohngebäuden und für die Klimaanlage für Wohn- und Nichtwohngebäude.<sup>55</sup>

Dadurch musste die gesamte Gebäudetechnik (inklusive Beleuchtungs- und Klimaanlage) in die Energiebilanz des Gebäudes mit einbezogen werden. Dies führte schließlich dazu, dass die Energieverluste durch die Erzeugung, Verteilung, Speicherung und Übergabe von Energie zum ersten Mal für die Gesamte Gebäudetechnik in Betracht gezogen werden konnten.

Eines der wichtigsten Merkmale der EnEV2007 besteht darin, dass die Anforderungen an die gesamte Gebäudetechnik und Gebäudehülle erstmalig zusammengefasst und miteinander verknüpft wurden, was dazu beigetragen hat, dass das gesamte Gebäude (Gebäudetechnik und Gebäudehülle) im Rahmen der Energieeffizienz berücksichtigt werden konnte.<sup>56</sup> Zum Beispiel können dadurch „*Abhängigkeiten bzw. Kompensationen zwischen einer schlechten Wärmedämmung und einer effizienten Heizanlage erfasst werden*“.<sup>57</sup>

### **EnEV 2009**

Die weitere Novellierung der Energieeinsparverordnung wurde durch die EnEV2009 repräsentiert, welche am 1. Oktober 2009 in Kraft getreten ist.<sup>58</sup> In Hinsicht auf die Thematik und den Aufbau der EnEV2009 wurden keine Änderungen im Vergleich zur EnEV2007 vorgenommen. Jedoch wurden die Anforderungen der Verordnung mit der EnEV2009 weiter verstärkt. Die neue Verordnung EnEV2009 fasste Anforderungen an Gebäudetechnik und Gebäudehülle einschließlich an die Höchstwerte für den Jahres-Primärenergiebedarf des Gebäudes zusammen. Dabei sind die neuen und bestehenden Bauten als auch die Wohn- und Nicht-

---

<sup>53</sup> Vgl. (Weglage, 2008, S. 26,27)

<sup>54</sup> Vgl. (Hellerforth, 2014, S. 23)

<sup>55</sup> Vgl. (Ulrich Battis, 2010, S. 89)

<sup>56</sup> Vgl. (Hellerforth, 2014, S. 23)

<sup>57</sup> (Hellerforth, 2014, S. 23)

<sup>58</sup> Vgl. (Schettler-Köhler, 2009, S. 7)



Wohngebäude berücksichtigt.<sup>59</sup> Die wichtigsten Änderungen und Verschärfungen bei der EnEV2009 gegenüber der EnEV2007 sind schließlich wie folgt zusammenzufassen:

- Durch die neuen Anforderungen der EnEV2009 sollte der Primärenergiebedarf bei neuen Gebäuden um ca. 30% einschließlich der Transmissionswärmeverluste um ca. 15% verringert werden.
- Mit der EnEV2009 konnten die Höchstwerte für den Jahres-Primärenergiebedarf auch von Wohngebäuden über ein Referenzgebäude bestimmt werden
- Mit der EnEV2009 dürften auch die Anforderungen an Wohngebäude Anhand der DIN 18599 berechnet werden.
- Die Festlegung von noch weiter verschärften Anforderungen bei der Renovierung von Bestandsgebäuden gegenüber der EnEV2007.
- Anforderungen zur Regelung von Stilllegung der Elektrospeicherheizungen
- Die so genannte „Fachunternehmerbescheinigungen für die energierelevanten Maßnahmen“ sollten in bestehenden Gebäuden erhalten werden.
- Mit den EnEV2009-Anforderungen wurde der erforderliche Einsatz von „alternativen Energieversorgungssystemen“ abgeschafft. Dies liegt daran, dass die Nutzung von alternativen Energieversorgungssystemen mittels des EEWärmeG bereits geregelt wurde. Das EEWärmeG schreibt schließlich vor, dass ein gewisser Prozentsatz des Energiebedarfs bei neuen Gebäuden, deren Nutzfläche größer als 50 m<sup>2</sup> ist, durch erneuerbare Energie gedeckt werden muss. Hierbei ist diese Regelung bei Renovierungen von bestehenden Gebäuden für die einzelnen Länder jedoch fakultativ, sodass jedes Land autonom entscheiden kann, ob diese Anforderung bei Sanierungen von alten Bauten erforderlich ist und somit Anwendung findet.<sup>60</sup>

## **EnEV 2014**

Die EnEV2014 stellt eine aktuellste novellierte Version der Energieeinsparverordnung dar, und ist am 1. Mai 2014 in Kraft getreten. Die neue Verordnung basiert grundsätzlich auf der deutschen Vornorm DIN V18599: 2011-12, die ausgehend von der alten Vornorm DIN V 18599, weiter bearbeitet und entwickelt wurde. Die Einführung von der neuen Vornorm DIN V18599: 2011-12 ist schließlich auf die Weiterentwicklung von Berechnungsverfahren einschließlich der Änderung des Referenzklimas in Deutschland zurückzuführen.

Bei der EnEV2014 wurden die Anforderungen an Gebäuden gegenüber der EnEV2009 weiter verschärft. Dazu zählt die Verschärfung der Anforderungen an Jahres-Primärenergiebedarf und Gebäudehülle bei neuen Gebäuden. Weiterhin wurden ebenso auch Verschärfungen an die Anforderungen von bestehenden Gebäuden jedoch mit begrenztem Maß festgelegt.<sup>61</sup> In Hinblick auf die wichtigsten Änderungen in der EnEV2014 gegenüber der EnEV2009 sind die folgenden Punkte zu berücksichtigen:

---

<sup>59</sup> Vgl. (Georg Hopfensperger, 2009, S. 166,167)

<sup>60</sup> Vgl. (Volland, 2009, S. 26,27)

<sup>61</sup> Vgl. (Schettler-Köhler, 2014, S. 1,4,7)

- Mit der neuen Anforderungen der EnEV2014 wird der Primärenergiebedarf bei neuen Gebäuden ab 2016 um ca. 25% gegenüber der EnEV2009 verringert.
- Verringerung der zulässigen Transmissionswärmeverluste um ca., 20%.
- Mit der EnEV2014 soll jeder Energieausweis mit einer Registrierungsnummer einschließlich einer Energieeffizienzklasse ausgestellt werden.
- In Bezug auf das Referenzklima für die EnEV in Deutschland, wird dies bei der EnEV2014 von Würzburg nach Potsdam verlagert.
- Die EnEV2014 legt schließlich eine neue Fassung zur Nutzung von Strom aus regenerativen Energien fest.<sup>62</sup>

### ***1.3.3. Zusammenfassung***

In Anbetracht der Entwicklung von EnEV-Anforderungen kann das Prinzip der Energieeinsparverordnung wie folgt zusammengefasst werden. Durch die EnEV wird schließlich darauf abgezielt, die gesamte Gebäudetechnik und Gebäudehülle in der Energiebilanz des Gebäudes zu berücksichtigen. Durch die Ermittlung der Energieverluste, die durch die Erzeugung, Verteilung, Speicherung und Übergabe von Energie entstehen können wird letztendlich dazu beigetragen den Nutz-, End-, und Primärenergiebedarf für das gesamte Gebäude identifizieren zu können. Ferner handelt es sich das Prinzip der EnEV letztlich darum, die Energieeffizienz des Gebäudes durch die Einbeziehung der gesamten Gebäudetechnik und Gebäudehülle in der energetischen Gebäudebilanz zu beurteilen.

In Hinsicht auf die Entwicklung der Energieeinsparverordnung und deren Novellierungen besteht zur Folge das Ziel der EnEV darin, der Energiebedarf von neuen Bauten durch die Verschärfung der Anforderungen an Gebäudehülle und Gebäudetechnik zu reduzieren. Darüber hinaus und in Bezug auf den Klimaschutz zielt die EnEV darauf ab, die von Neubauten ausgestoßene CO<sub>2</sub>-Emission zu mindern. Im Hinblick auf bestehende Gebäude dient die Verordnung dazu, den Energiebedarf von Altbauten bei einer Modernisierung so weit wie möglich zu reduzieren.

---

<sup>62</sup> Vgl. (Volland, 2014, S. 29)

## ***Kapitel II***

### ***Empirische Untersuchung im Rahmen der Energieeffizienz bei Stadthotels in Deutschland***

- *Grundlagen der empirischen Untersuchung*
- *Methodik der empirischen Untersuchung*
- *Auswertung und Analyse der erhobenen Daten*
- *Zusammenfassung der Ergebnisse der empirischen Untersuchung*

## **2. Empirische Untersuchung im Rahmen der Energieeffizienz bei Stadthotels in Deutschland**

Die im ersten Kapitel erläuterten Grundlagen zum Thema „Die gesetzliche Entwicklung der Energieeffizienz von Gebäuden“ bilden eine theoretische Basis für die vorliegende Arbeit. Dabei wurden vor allem die Anforderungen der Energieeinsparverordnung EnEV einschließlich ihrer Entwicklung und wichtigsten Novellierungen diskutiert.

Neben den theoretischen Grundlagen wird darüber hinaus im zweiten Kapitel eine empirische Untersuchung im Rahmen der Energieeffizienz bei Stadthotels in Deutschland durchgeführt. Die empirische Untersuchung befasst sich damit, Informationen und Daten über die Situation der Stadthotels in Deutschland bezüglich der Energieeffizienz zu generieren. Die erhobenen Daten werden miteinander verknüpft, analysiert und ausgewertet, was schließlich dazu dienen soll, Indikatoren zur Steigerung der Energieeffizienz in Stadthotels zu ermitteln.

### **2.1. Grundlagen der empirischen Untersuchung**

#### **2.1.1. Kriterien**

Zur Überprüfung und Bestimmung der Qualität von Forschung-Ergebnissen, werden im Regelfall spezifische Kriterien in Erwägung gezogen. Die klassischen Kriterien beziehen sich auf:

- Objektivität
- Reliabilität
- Validität

Die **Objektivität** befasst sich mit der Unabhängigkeit. Dies bedeutet, dass die Ergebnisse der Forschung unbedingt von Interessen der Personen, die an der Forschung teilgenommen haben, unabhängig sein sollen. Das heißt zur Folge, dass die Erfassung und Beurteilung der Daten sowie auch die Interpretation der Ergebnisse objektiv durchgeführt werden sollen, also von den Teilnehmern der Forschung nicht beeinflusst werden dürfen. Als weiteres Kriterium stellt sich die **Reliabilität** dar, welche sich auf die Korrektheit und Genauigkeit bei der Erfassung der Daten bezieht. Die Reliabilität zielt also darauf ab, eventuelle Fehler bei der Datenerhebung zu vermeiden. Des Weiteren bildet die **Validität** das dritte Kriterium zu berücksichtigen. Unter der Validität wird die Gültigkeit der erfassten Forschungsdaten verstanden. Valide sind Daten erst dann, wenn die Untersuchung das zu bemessende Objekt beinhaltet.<sup>63</sup> Somit stellen die Kriterien „*Objektivität, Reliabilität und Validität*“ wichtige Gütekriterien dar, um unabhängige, zuverlässige als auch gültige Ergebnisse zu erzielen, und werden im Rahmen der empirischen Untersuchung in Erwägung gezogen.

#### **2.1.2. Methoden**

Im Rahmen einer Forschung werden in der Regel Informationen und Daten für einen bestimmten Zweck akkumuliert und analysiert. In manchen Fällen sind die vorhandenen Daten für die Beurteilung des Forschungsproblems ausreichend und es besteht somit keine Notwen-

---

<sup>63</sup> Vgl. (Marcus Schuckel, 2007, S. 117,118,119)

digkeit neue Daten zu erheben. Bei anderen Fällen müssen jedoch zusätzliche Informationen erfasst werden, was daraus resultierend fordert, eine neue Datenbank zu schaffen, um die Forschungssituation besser analysieren zu können. In genau diesem Sachverhalt wird zwischen zwei Methoden unterschieden, diese sind: *Primärforschung und Sekundärforschung*.

Die Primärforschung bezieht sich auf die Erhebung von neuen Daten, um ausreichende Datenbankmaterial zum Forschungsthema aufzugreifen und wird auch als Feldforschung bezeichnet, während die Sekundärforschung eine Methode darstellt, in der das Forschungsthema anhand von zur Verfügung gestellten Daten analysiert werden kann.<sup>64</sup>

In Bezug auf die vorliegende Arbeit wird die empirische Untersuchung auf Basis der Primärforschungs-Methode beruhen. Die Wahl der Primärforschungs-Methode begründet sich aufgrund des Mangels an Daten und Informationen, die zur Realisierung des Untersuchungsziels nötig sind. Dazu zählt, der Mangel an Daten über:

- die Energiesituation in der Hotellerie
- den Stand der Technik (Gebäudetechnik)
- den baulichen Wärmeschutz (Gebäudehülle)

### 2.1.3. Prozesse

Zur Durchführung einer Untersuchung sind üblicherweise Arbeitsphasen bzw. Arbeitsprozesse zu berücksichtigen. Diese umfassen:

- **Definition des Untersuchungsproblems:** Dies bezieht sich auf die genaue Bestimmung des Untersuchungsproblems. Die Definition des Untersuchungsproblems hilft dabei, die Fragestellung, die Thematik und die Methodik der Untersuchung ausgehend von dem Untersuchungsproblem weiter auszubauen.
- **Designentwicklung:** Durch die Designentwicklung werden die Untersuchungsmethoden einschließlich der Zielgruppe der Forschung bestimmt.
- **Datengewinnung:** Dabei handelt es sich um die Informationen und Daten, die durch die Auswertung der Untersuchung gewonnen werden können.
- **Dokumentation:** Die Dokumentation stellt den letzten Schritt der Marktforschung dar und befasst sich damit die Untersuchungsergebnisse ausführlich zu dokumentieren.<sup>65</sup>

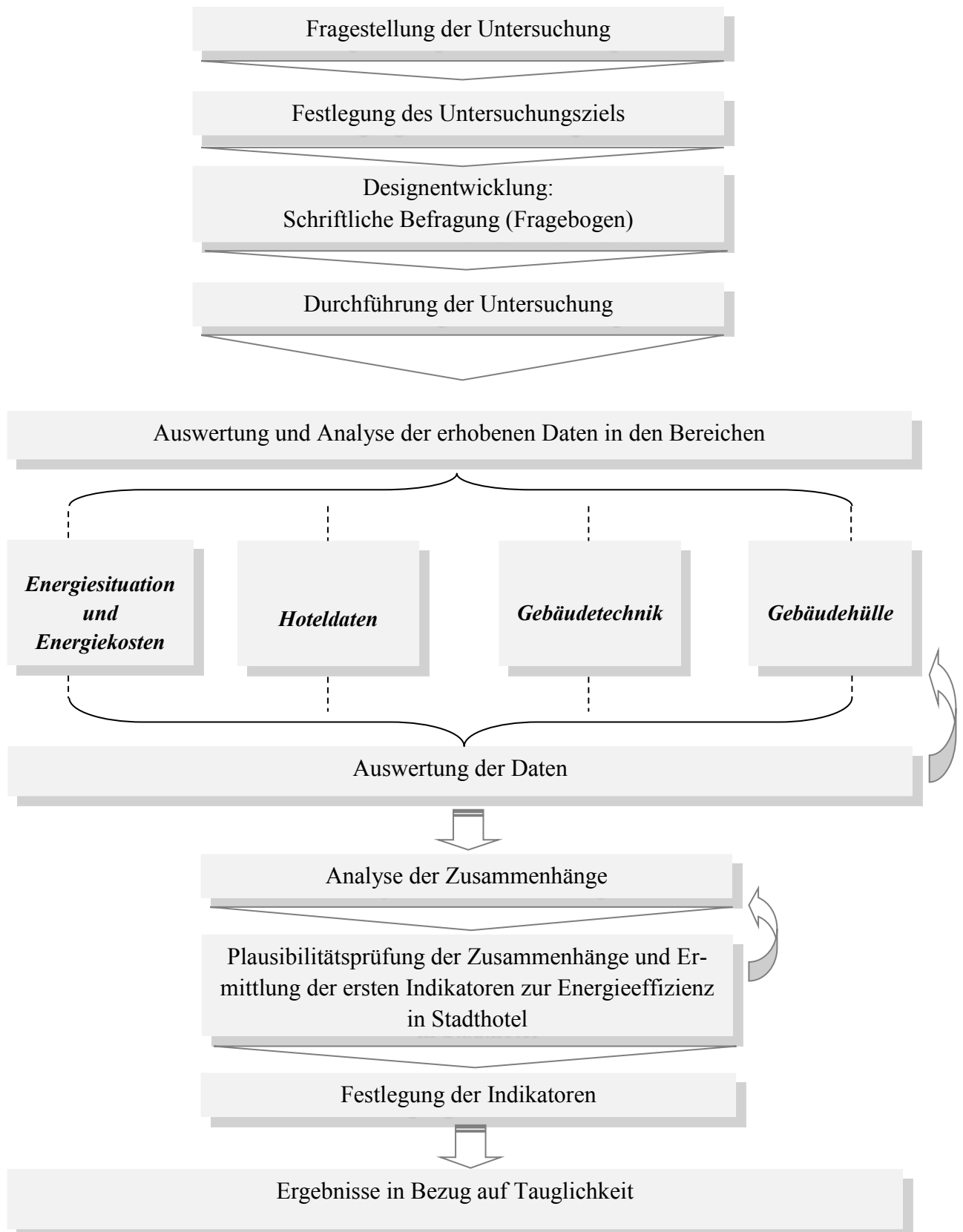
Auf Grundlagen der erwähnten Arbeitsprozesse wird im Folgend ein Untersuchungsablauf für die vorliegende empirische Untersuchung aufgebaut. Anschließend werden die erläuterten Prozesse dementsprechend der vorliegenden Untersuchung weiter entwickelt.

---

<sup>64</sup> Vgl. (Kuß, 2012, S. 42,43)

<sup>65</sup> Vgl. (Jürgen Hesse, 2007, S. 51)

## 2.2. Methodik der empirischen Untersuchung



### 2.2.1. Fragestellung der Untersuchung

Die vorliegende empirische Untersuchung setzt sich mit einer qualitativen und quantitativen Analyse auseinander und befasst sich mit der folgenden Fragestellung: „Welches sind diejenigen Faktoren, die die Steigerung der Energieeffizienz in Stadthotels in Deutschland maßgeblich beeinflussen?“

### 2.2.2. Zielsetzung der empirischen Untersuchung

Das Ziel einer empirischen Untersuchung stellt die Aufgabestellung der Untersuchung dar und wird größtenteils durch die Fragestellung der Untersuchung definiert. Das Untersuchungsziel setzt sich in der Regel mit der Art der Untersuchung in Verbindung, dabei kann zwischen drei Untersuchungsarten unterschieden werden:

- **Explorative Untersuchung:** bei der explorativen Untersuchung liegt der Fokus darauf, Indikatoren durch die Verknüpfung von verschiedenen Aspekten heraus zu finden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungsart werden im Regelfall als Grundlage für weitere Untersuchungen im Rahmen der Forschung eingesetzt.
- **Deskriptive Untersuchung:** Dabei handelt es sich um die Beschreibung und Kennzeichnung der Grundgesamtheit wie Personen, Haushalte, usw.<sup>66</sup> Unter dem Begriff „Grundgesamtheit“ wird verstanden „Die Grundgesamtheit stellt in der Marktforschung die Basis für die Datenerhebung dar. Diese wird sich in der Regel aus verschiedenen Gründen nur auf einen Teil (Stichprobe) der Gesamtheit beziehen. Im eigentlichen Sinne stellt jedoch die Grundgesamtheit selbst auch nur eine Stichprobe aus einer übergeordneten Gesamtheit dar“.<sup>67</sup>
- **Kausal-Untersuchung:** Ist die Bestimmung der Ursachen von gewissen Situationen, Ereignissen oder Phänomenen.<sup>68</sup>

Zur Bestimmung des Untersuchungsziels der vorliegenden empirischen Untersuchung werden schließlich zwei Methoden herangezogen: die explorative Untersuchung und die deskriptive Untersuchung. Die Zielsetzung der Untersuchung besteht somit darin, die Grundgesamtheit der Daten bezogen auf allgemeine Hoteldaten, Stand der Technik und Stand des baulichen Wärmeschützes in den Hotels zu analysieren als auch Einflussfaktoren, Indikatoren und Benchmarks zur Steigerung der Energieeffizienz in Stadthotel zu identifizieren.

### 2.2.3. Designentwicklung - Schriftliche Befragung (Fragebogen)

Im Rahmen der Designentwicklung wird die schriftliche Befragung (Fragebogen) zur Erhebung von benötigten Daten vorgenommen, welche auf den Grundlagen der Problemstellung und der Zielsetzung der Untersuchung aufgebaut wurde. Im Hinblick auf den Aufbau des Fragebogens sind grundsätzlich 4 Befragungsgruppen in Betracht gezogen worden, welche umfassen: Hoteldaten, Energiesituation und Energiekosten, Gebäudetechnik und Gebäudehülle

---

<sup>66</sup> Vgl. (Kuß, 2012, S. 15)

<sup>67</sup> (Pepels, 2008, S. 54)

<sup>68</sup> Vgl. (Kuß, 2012, S. 15)

- ***Fragestellung über die Hoteldaten***

Die erste Befragungsgruppe des Fragebogens beschäftigt sich mit der Ermittlung von Allgemeinen Daten über die untersuchten Hotels. Dabei werden Daten in verschiedenen Ebenen erfasst sowie Daten über das Baujahr, Anzahl der Hotelzimmer, die vorhandenen Hotelbereiche und Nutzungen, usw. Ebenso werden auch zusätzliche Daten über spezifische Kennzahlen wie die Brutto-Grundfläche (BGF), Netto-Grundfläche (NGF) einschließlich der Energiebezugsfläche (EBF) der untersuchten Hotels erfasst. Die Ermittlung der erwähnten Daten zielt infolge darauf, einerseits einen Überblick über die Struktur der Hotels und deren vorhandenen Bereiche zu gewinnen, andererseits die benötigten Kennzahlen zur Beurteilung der Energiesituation der untersuchten Hotels zu ermitteln.

- ***Fragestellung über die Energiesituation und Energiekosten***

Die zweite Reihe der Fragestellungen bezieht sich auf die Erfassung von Daten über die Energiesituation als auch die Energiekosten bei den untersuchten Hotels. In Hinsicht auf die Energiesituation zielt die Fragestellung darauf ab, Daten über Strom-, Wärme-, und Warmwasserverbrauch bei den Hotels zu erfassen, Die Fragestellung über die Energiekosten hingegen bezieht sich grundlegend auf die Ermittlung von spezifischen Energiekosten als auch auf die Bestimmung von Energiekostenanteilen am Umsatz. Die zweite Befragungsgruppe stellt somit einen wesentlichen Bestandteil des Fragebogens dar und hat das Ziel, die untersuchten Hotels bezüglich der Energiesituation in einen Vergleich setzen zu können als auch sich einen Überblick über die Energiekosten in den Hotels zu verschaffen.

- ***Fragestellung über die Gebäudetechnik***

Anhand Fragebogens werden weiterhin auch Daten über die Gebäudetechnik der Hotels erfasst. Die Befragung in diesem Rahmen betrifft die gesamten technischen Anlagen eines Hotels, welche umfassen: das Wärmeversorgungssystem (Heizung und Warmwasserbereitung), Lüftungs- und Klimaanlage und Beleuchtungsanlage. Dabei beziehen sich die Fragestellungen insbesondere darauf, den Stand der Technik und die vorhandenen Energiesparmaßnahmen bei der jeweiligen Anlage zu bestimmen.

Somit liegt das Augenmerk darauf, die eingesetzten technischen Anlagen in jeweiligem Hotel zu beleuchten als auch die durchgeführten Energiesparmaßnahmen im Bereich Gebäudetechnik Bezug auf den Energieverbrauch zu beurteilen.

- ***Fragestellung über die Gebäudehülle***

Die Gebäudehülle umfasst einen weiteren wichtigen Abschnitt des Fragebogens und ist ebenso auch im Zusammenhang mit dem Thema Energieeffizienz in der Hotellerie von großer Relevanz. Im Bereich Gebäudehülle werden Fragen über den Stand des baulichen Wärmeschutzes bei den untersuchten Hotels aufgeworfen. Dabei werden die Bauteile der Gebäudehülle wie Außenwände, Dächer, Fußboden und die transparente Elemente (Fenster) berücksichtigt um im Rückschluss dann die energetische Qualität der Gebäudehülle bei den Hotels in Hinsicht auf den Energieverbrauch auszuwerten.



#### 2.2.4. Durchführung der schriftlichen Befragung

Innerhalb des Untersuchungsablaufs stellt die Durchführung der schriftlichen Befragung in der Regel einen aufwändigen Schritt dar. Dies liegt überwiegend an der geringen Auskunftsbereitschaft der Zielgruppe. Die Verweigerung der schriftlichen Befragung resultiert dabei meist aus Aspekten wie, Datenschutz, Zeitmangel und fehlendem Interesse. Zur Erhöhung der Rücklaufquote der schriftlichen Befragung wurden die erwähnten Aspekte beim Aufbau der schriftlichen Befragung in Betracht gezogen und der Fragebogen somit in Referenz auf die folgenden Kriterien optimiert: Klare und einfache Frageführung, die überwiegend Suggestivfragen beinhaltet. Aufbau des Fragebogens anhand von interessanten und zielführenden Fragestellungen. Entwurf einer attraktiven Gestaltung des Fragebogens. Schaffung eines angemessenen Fragenumfangs des Bogens. Gewährleistung des Datenschutzes.

Nach der ausführlichen Strukturierung des Fragebogens erfolgte die zweite Arbeitsphase, welche sich mit der Auswahl der untersuchten Stadthotels beschäftigt. Die Auswahl der Hotels beruhte darauf, möglichst unterschiedliche Hotels bezüglich Gestaltung, Betriebsgröße, Anzahl der Zimmer, Lage, Orientierung, Baumaterialien, usw. heranzuziehen. Die ausgewählten Hotels wurden darüber hinaus per E-Mail, Fax und in manchen Fällen postal über die Untersuchung informiert. Nach der Fertigstellung der Befragungsphase sind die folgenden Kennwerte zu ermitteln:

- Kategorie der befragten Hotels: Stadthotels (vier Sterne).
- Anzahl der kalifizierten vier Sterne Hotels in Deutschland: 2656 Hotels.<sup>69</sup>
- Anzahl der befragten Hotels: 120 Hotels.
- Anzahl der rückgemeldeten Hotels: 22 Hotels.
- Die Rücklaufquote: 18%.
- Orte der rückgemeldeten Hotels (Abb.7).



Abbildung 7: Verteilung der erforschten Hotels in Deutschland, Quelle: stepmap

<sup>69</sup> Statista (2015) über DEHOGA

### ***Die Repräsentativität der erforschten Hotels:***

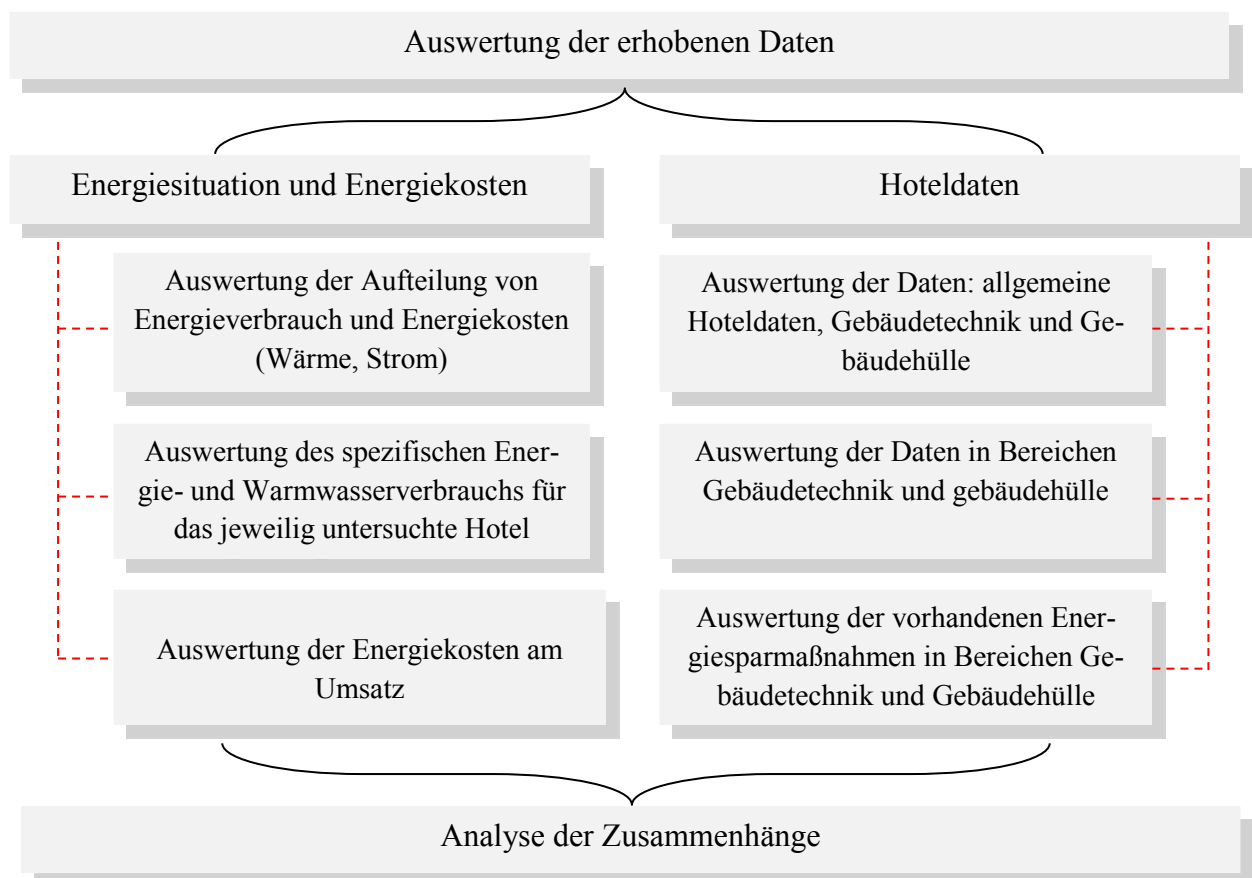
- ***Die Repräsentativität in Hinsicht auf die Verteilung der Hotels in Deutschland:*** Die 22 erforschten Hotels befinden sich in großen, mittleren und kleinen Städten in Deutschland und sind größtenteils in gleichmäßiger Verteilung über die gesamte Fläche des Landes (Nord, Süd, Ost und West) etabliert. Angesichts dieser Tatsache stellen sich die erforschten Hotels als durchaus repräsentativ für die meisten Regionen in Deutschland dar.
- ***Die Repräsentativität in Bezug auf die Anzahl der kalzifizierten Vier Sterne Hotels in Deutschland:*** Die Gesamtzahl der befragten Hotels macht 120 vier Sterne Hotels aus. Diese Zahl sollte sich im Vergleich mit der Quote der kalzifizierten vier Sterne Hotels in Deutschland (2656 Hotels) als repräsentativ darstellen. Jedoch wurde aufgrund der geringen Auskunftsbereitschaft und dem begrenztem Interesse der befragten Hotels, der Fragebogen, trotz der durchgeführten Maßnahmen zur Erhöhung der Rücklaufquote, lediglich von einer relativ niedrigen Anzahl der ausgewählten Hotels beantwortet. Insgesamt umfassten diese zweiundzwanzig Hotelbetriebe.

## 2.3. Auswertung und Analyse der erhobenen Daten

### Methodik der Auswertung

Die Auswertung und Analyse der erhobenen Daten sollte schließlich dazu dienen, die Zielsetzung der Untersuchung zu realisieren. Um eine schlüssige Auswertung der erfassten Daten zu generieren wird zunächst eine Methodik entwickelt, welche die Hauptpunkte der Zielsetzung berücksichtigt. Die Methodik der Auswertung bezieht sich auf zwei Ebenen, welche umfassen: die Auswertung der Energiesituation und Energiekosten der Hotels einerseits und die Auswertung der Hoteldaten anderseits.

- In Bezug auf die Energiesituation und Energiekosten folgt die Auswertung drei Aspekten: die Aufteilung von Energieverbrauch und Energiekosten (Wärme, Strom), der spezifische Energie- und Warmwasserverbrauch für das jeweilig untersuchte Hotel und die Energiekosten am Umsatz.
- Im Bereich der Hoteldaten betrifft die Auswertung ebenfalls drei Aspekte: allgemeine Hoteldaten, die Daten im Bereich Gebäudetechnik und die Daten im Bereich Gebäudehülle. Die Auswertung in Bereichen Gebäudetechnik und Gebäudehülle folgt weiterhin zwei Ebenen: bei der ersten Ebene bezieht sich die Auswertung auf den Stand der beiden Bereiche während es sich bei der zweiten Ebene um die Beurteilung der im jeweiligem Bereich vorhandenen Energiesparmaßnahmen handelt.



### 2.3.1. Auswertung der Energiesituation und Energiekosten bei den erforschten Hotels

#### 2.3.1.1. Aufteilung von Energieverbrauch und Energiekosten

Anhand der erfassten Daten wird zunächst die Aufteilung von Energieverbrauch und Energiekosten für Wärme und Strom dargestellt. Im ersten Schritt wird der Wärmeverbrauch und Stromverbrauch des jeweiligen Hotels in kwh/m<sup>2</sup> EBF/Jahr grafisch ermittelt (Abb.8). Hier ist darauf hinzuweisen, dass der benötigte Stromverbrauch zum Betrieb des Wärmeversorgungssystems (z.B. für den Betrieb der Wärmepumpen) unter dem gesamten Stromverbrauch jedes Hotels eingegliedert ist und nicht unter dem Wärmeverbrauch aufgeführt wird. Im zweiten Schritt werden die durchschnittlichen Wärme- und Stromverbrauchsanteile einschließlich der durchschnittlichen Energiekostenanteile (Wärme und Strom) bei den untersuchten Hotels rechnerisch ermittelt und repräsentiert (Abb.9). In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass die spezifischen Energiekosten für Wärme und Strom aufgrund der geringen Auskunftsbereitschaft von den erforschten Hotels nicht ermittelt werden konnten, somit beschränkten sich die Datenerhebung lediglich auf die Energiekostenanteile für den jeweiligen Energieverbrauch (Strom und Wärme).

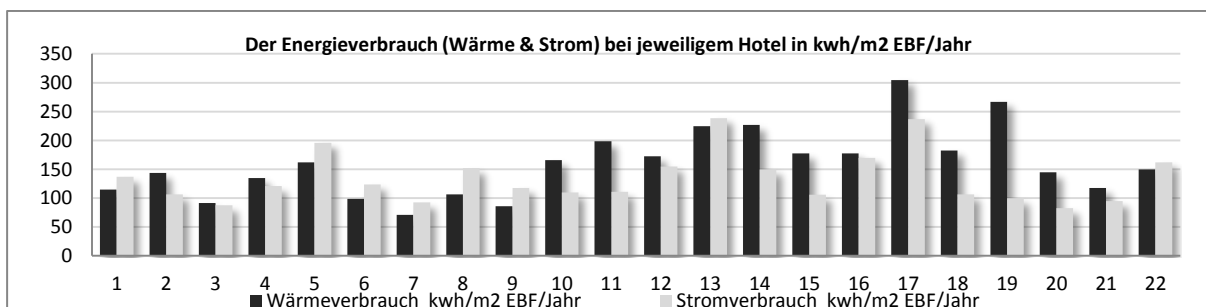


Abbildung 8: Der Energieverbrauch (Wärme & Strom) bei jeweiligem Hotel

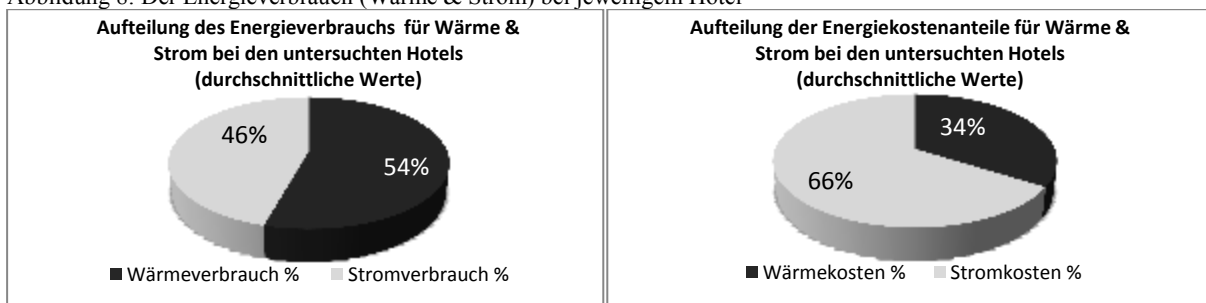


Abbildung 9: Aufteilung des Energieverbrauchs und der Energiekostenanteile für (Wärme & Strom) bei den Hotels

Die beiden Diagramme lassen im Wesentlichen erkennen, dass die erfassten Hotels einen höheren Energieverbrauch für Wärmeversorgung (Heizung und Warmwasserbereitung) gegenüber dem Energieverbrauch für Stromversorgung aufweisen. Dabei liegt der durchschnittliche Anteil des Wärmeverbrauchs bei 54% und der des Stromverbrauchs bei 46%. Im Rahmen der Energiekostenanteile ist darüber hinaus festzustellen, dass die Stromkosten trotz des niedrigen Stromverbrauchs gegenüber dem Wärmeverbrauch einen höheren Anteil aufweisen. Dabei beträgt der durchschnittliche Stromkostenanteil bei den erforschten Hotels 66%, während hinsichtlich der Wärmekosten der durchschnittliche Anteil bei 34% liegt. Dies ist schließlich auf die höheren Strompreise gegenüber der Wärmepreise zurückzuführen. Somit bietet aus ökonomischer Betrachtungsweise die Durchführung von Stromsparmaßnahmen einen effektiven Prozess zur Verringerung der Energiekosten.

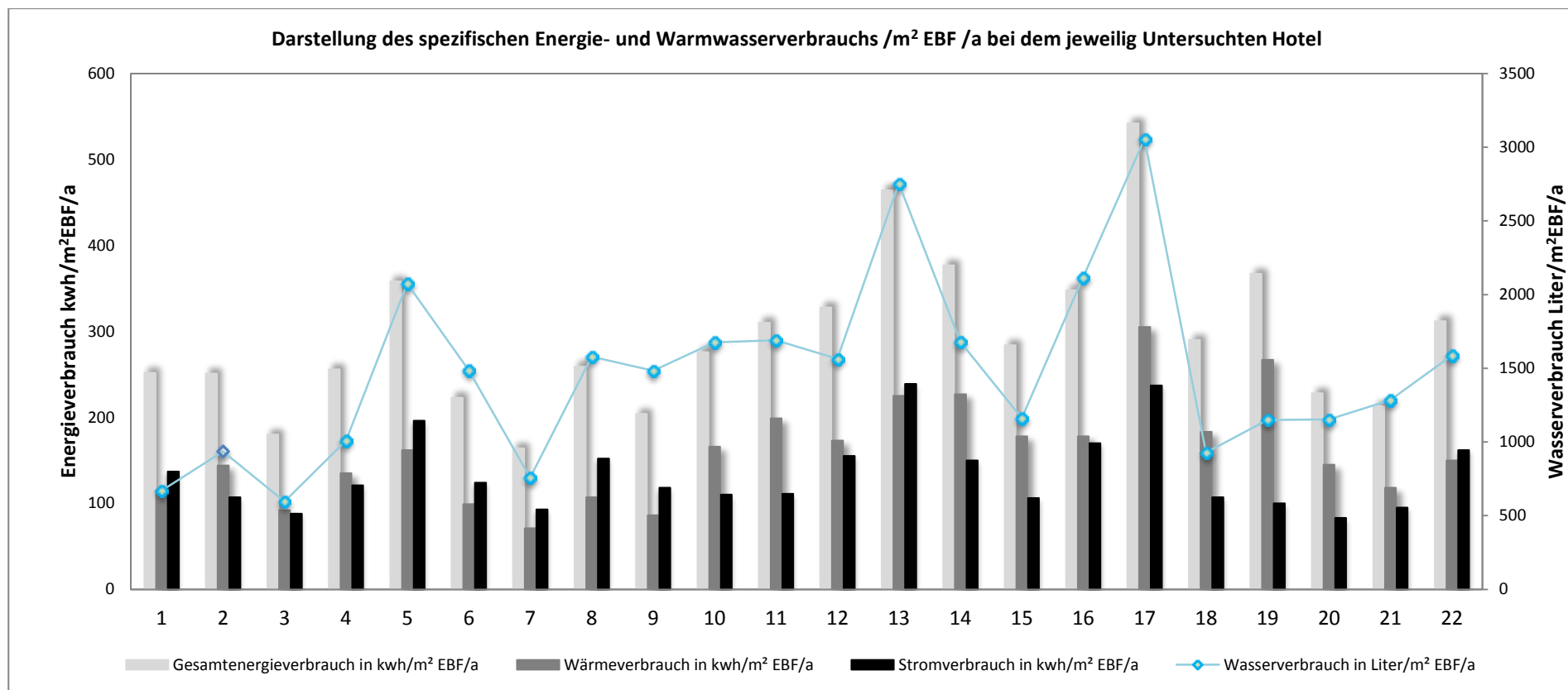


Abbildung 10: Darstellung des spezifischen Energie- und Warmwasserverbrauchs /m² EBF /a bei jeweiligem untersuchten Hotels

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Gesamtenergieverbrauch kWh/m² EBF/a	252	251	180	256	358	223	164	259	204	276	310	328	464	377	284	348	542	290	367	228	213	312
Wärmeverbrauch kWh/m² EBF/a	115	144	92	135	162	99	71	107	86	166	199	173	225	227	178	178	305	183	267	145	118	150
Stromverbrauch kWh/m² EBF/a	137	107	88	121	196	124	93	152	118	110	111	155	239	150	106	170	237	107	100	83	95	162
Wasserverbrauch Liter/m² EBF/a	669	935	595	1009	2075	1487	758	1579	1483	1676	1691	1564	2754	1679	1161	2116	3056	928	1150	1152	1284	1586

Tabelle 5: spezifischer Energie- und Warmwasserverbrauch /m² EBF /a bei jeweiligem untersuchten Hotels

### **2.3.1.2. Auswertung des Energie- und Warmwasserverbrauchs für das jeweilig untersuchte Hotel**

- **Inhalt**

Das dargestellte Balkendiagramm gibt Auskunft über den spezifischen Energie- und Warmwasserverbrauch bei jeweiligem erforschem Hotel und dient dazu, die Energiesituation der untersuchten Hotels zu erläutern.

Im Diagramm wurde sowohl der gesamte Energie- und Warmwasserverbrauch als auch der Strom- und Wärmeverbrauch separat dargestellt, was dabei helfen soll, die Energiesituation in Hinsicht auf den gesamten als auch auf jeweiligen Energieverbrauch (Strom und Wärme) zu ermitteln.

- **Prozesse zur Auswertung der Daten**

Bei den erhobenen Daten der untersuchten Hotel ist darauf hinzuweisen, dass die Hotels Unterschiede bezüglich der Betriebsgröße, Ausstattung, baulichem Stand, vorhandene Nutzungen, usw. aufweisen, was im Umkehrschluss den Verbrauch von Energie und Warmwasser beeinflusst und somit den Vergleich zwischen den Hotels in diesem Bezug beschränkt.

Um die erfassten Hotels in Hinsicht auf den Energie- und Warmwasserverbrauch vergleichbar zu machen, wurde eine Kennzahl bei der Auswertung der Daten herangezogen. In der Literatur wird die *Energiebezugsfläche (EBF)* häufig als Bezugsgröße eingesetzt und stellt eine effektive Kennzahl zur Beurteilung der Energiesituation dar. Unter Energiebezugsfläche (EBF) versteht man allgemein „die Summe aller beheizten und gekühlten Nettogrundflächen eines Gebäudes“<sup>70</sup>. Infolgedessen wurde der Energie- und Warmwasserverbrauch pro Energiebezugsfläche (EBF), pro Jahr für jeweiliges untersuchtes Hotel berechnet und dargestellt.

- **Interpretation**

Aus den vorliegenden Daten ist schließlich abzuleiten, dass die Hotels abweichende Werte vom Energie- und Warmwasserverbrauch aufweisen. Dabei beträgt der niedrigste Wert des gesamten Energieverbrauchs (GEB) 164 kwh/m<sup>2</sup> EBF/a, während der höchste Wert bei 542 kwh/m<sup>2</sup> EBF/a liegt. Der durchschnittliche Energieverbrauch der erforschten Hotels beträgt dabei 295 kwh/m<sup>2</sup> EBF/a. Weiterhin ist festzustellen, dass die meisten Hotels einen höheren Wärmeverbrauch gegenüber dem Stromverbrauch aufzeigen. Dabei liegt die Anzahl bei 14 Hotels, während bei lediglich 8 Hotels der Stromverbrauch über dem Wärmeverbrauch liegt.

Schließlich stellen die dargestellten Daten über den Energie- und Warmwasserverbrauch eine wesentliche Grundlage, welche bei der Auswertung der Hoteldaten insbesondere in Bereichen Gebäudetechnik und Gebäudehülle wieder eingesetzt wird.

---

<sup>70</sup> (Weglage, 2010, S. 376)

### 2.3.1.3. Auswertung der Energiekosten am Umsatz

Neben der Beurteilung des Energie- und Warmwasserverbrauchs werden darüber hinaus die Energiekosten ausgewertet. Hier ist jedoch erneut zu erwähnen, dass aufgrund der geringeren Auskunftsbereitschaft der analysierten Hotels, lediglich der Energiekostenanteil (%) am Umsatz ermittelt werden konnte. Um einen Überblick über die Situation der Energiekosten in den betrachteten Hotels zu erlangen, wurden zusätzliche Daten über die Einschätzung der Energiekosten beim jeweiligen Hotel erfasst. Die Einschätzung der Energiekosten anhand des ermittelten Energiekostenanteils lässt sich dabei den Kategorien "hoch", "mittelmäßig" oder "niedrig" zuordnen (Tab. 6).

Hotel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Energiekosten/Umsatz	4,50%	4,50%	8,00%	9,00%	4,20%	3,96%	4,32%	3,80%	3,70%	7,00%	6,30%
Einschätzung	Mittelmäßig	Mittelmäßig	Hoch	Hoch	Mittelmäßig	Niedrig	Mittelmäßig	Niedrig	Niedrig	Hoch	Hoch
Hotel	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Energiekosten/Umsatz	10,00%	7,00%	5,80%	4,61%	6,20%	5,64%	10,50%	8,00%	8,30%	6,00%	5,4%
Einschätzung	Hoch	Hoch	Hoch	Mittelmäßig	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch

Tabelle 6: Einschätzung der Energiekosten bei den Hotels

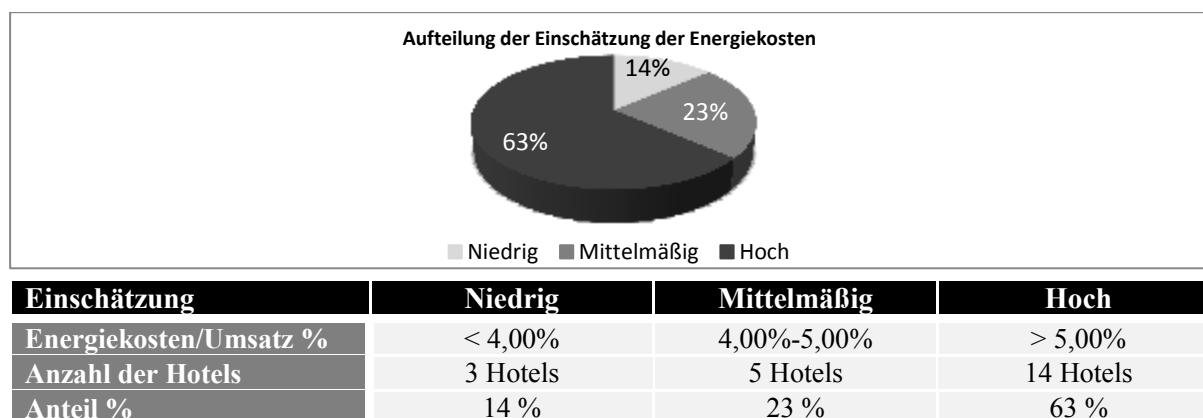


Abbildung 11: Aufteilung der Einschätzung der Energiekosten

Der Energiekostenanteil am Umsatz bei den untersuchten Hotels liegt zwischen 3,00% und 10,50%. Den durchschnittlichen Wert der Energiekostenanteil beträgt dabei 6,75%. In Bezug auf die Einschätzung der Situation der Energiekosten weist die Untersuchung darauf hin, dass mehr als die Hälfte der Hotels (14 Hotels=63%) den Energiekostenanteil am Umsatz als "hoch" bezeichnen. Dabei liegen die Energiekosten bei höher als 5,00%. Darüber hinaus beschreiben 23% der untersuchten Hotels die Energiekosten als "mittelmäßig". Dabei bewegen sich die Energiekosten zwischen 4,00% und 5,00% des gesamten Umsatzes. Schließlich wurde der Energiekostenanteil am Umsatz von weniger als 4% bei nur 3 Hotel also 14% aller Hotels als "niedrig" betrachtet. In der Gesamtheit werden die Energiekosten bei den meisten untersuchten Hotels also als "hoch" eingeschätzt (Abb.11).

Das Thema „Energiekosten in Hotels“ wurde in Deutschland bereits diskutiert. Laut DEHOGA stellen die Energiekosten am Umsatz ein Hauptproblemfeld für einen großen Anteil der Hoteliers in Deutschland dar. Nach einem Bericht von DEHOGA im Winter 2011/12 wurde festgestellt, dass die Energiekosten, für 65% der von DEHOGA untersuchten bzw. klassifi-

zierten Hotels in Deutschland, das erste Hauptproblemfeld darstellen. Dabei liegen die Energiekosten am Umsatz zwischen 5,0% und 7,7% (Tab.1).<sup>71</sup> In ähnlicher Weise deutet eine Studie vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) darauf hin, dass 52% (40 Hotels) der vom BMWi befragten Hotels in Deutschland die Energiekosten als „Hoch“ bezeichnen. Der durchschnittliche Energiekostenanteil am Umsatz beträgt dabei 9,0 % (Tab. 4).<sup>72</sup>

Infolgedessen ist festzustellen, dass die Ergebnisse der beiden Studien den Erkenntnissen der im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten Untersuchung entsprechen. Dabei bezeichnet der Großteil der untersuchten Hotels die Energiekosten als „Hoch“ bzw. als Hauptproblemfeld. Weiterführend weisen die drei Untersuchungen darauf hin, dass die Energiekosten am Umsatz, welche als „Hoch“ betrachtet wurden, über 5,0% bzw. zwischen 5,0% und 10,0% liegen.

Schließlich ist im Hinblick auf die erfassten Daten der vorliegenden empirischen Untersuchung festzustellen, dass 59%, also 13 von 22 erforschten Hotels, die Energiekosten am Umsatz als "hoch" betrachten, was einen erheblichen Anteil ausmacht. Angesichts dieses Ergebnisses und mit Augenmerk auf die Entwicklung der Energiekosten (gemäß TECSON)(Abb.5), sowie der möglichen Steigerung des globalen Primärenergieverbrauchs, also der Steigerung der Energiepreise weltweit (gemäß IEA)(Abb.6), könnte der Energiekosten für viele Hotels in Deutschland zu einem ernsthaften als auch wachsenden Problem werden. Dies sollte die Hoteliers motivieren, Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz zu ergreifen, um die Energiekosten zukünftig zu reduzieren.

### 2.3.2. Auswertung der Hoteldaten Daten

#### 2.3.2.1. Auswertung der allgemeinen Hoteldaten

Unter der Auswertung der erhobenen Daten werden zunächst die allgemeinen Hoteldaten beurteilt. Dabei werden vor allem Aspekte wie Baujahr, Betriebsgröße, vorhandene Nutzungen und die Ausstattung der Hotels, berücksichtigt.

- **Baujahr der Hotels**

Bezüglich des Baujahrs der untersuchten Hotels ist mittels der erhobenen Daten erkenntlich, dass die meisten erforschten Hotels ab dem Jahr 1970 errichtet wurden (Tab. 7).

Hotel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Baujahr	2007	1992	1995	1966	1988	1996	2005	1994	1986	1990	1993
Hotel	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Baujahr	1938	1993	1992	1984	1993	1970	1993	1972	1972	1971	1993

Tabelle 7: Baujahr der untersuchten Hotels

Ferner ist mittels der erfassten Daten ersichtlich, dass bei nahezu allen erforschten Hotels Renovierungs- und Sanierungsprozesse zur Steigerung der Energieeffizienz in den letzten 10 Jahren durchgeführt wurden. Die erhobenen Daten zeigen, dass die Energiesparmaßnahmen

<sup>71</sup> Vgl. DEHOGA (2012)

<sup>72</sup> Vgl. BMWi (2013, S.93)



grundsätzlich im Bereich der Gebäudetechnik der Hotels stattfanden. Dabei stechen besonders Maßnahmen in den Bereichen Beleuchtungsanlage, Wärmeversorgungssystem und Lüftungs- und Klimaanlage heraus. Anhand der erhobenen Daten können die Bereiche der durchgeführten Energiesparmaßnahmen bei jeweiligem Hotel wie folgt ermittelt werden (Tab.8).

Hinweis: Bei Hotel 4, 11, 12, 13 und 15 sind überhaupt keine Daten über die Maßnahmen mitgeteilt.

Hotel	Bereich der Maßnahmen	Hotel	Bereich der Maßnahmen
1	Beleuchtungsanlage (LED) & Wärmeversorgungssystem (hydraulischer Abgleich, BHKW, Nutzungsoptimierung)	12	Keine Angaben
2	Beleuchtungsanlage (LED) & Lüftungs- und Klimaanlage & Wärmeversorgungssystem (Hocheffiziente Pumpe)	13	Keine Angaben
3	Beleuchtungsanlage (LED)	14	Beleuchtungsanlage
4	Keine Angaben	15	Keine Angabe
5	Beleuchtungsanlage (LED)	16	Beleuchtungsanlage (LED)
6	Beleuchtungsanlage (LED) & Wärmeversorgungssystem	17	Beleuchtungsanlage (Energiesparlampen)
7	Lüftungs- und Klimaanlage (Wärmerückgewinnung, Regelung nach Bedarf)	18	Beleuchtungsanlage (LED) & Wärmeversorgungssystem (Regelung, sparpumpe)
8	Beleuchtungsanlage (LED) & Lüftungs- und Klimaanlage & Wärmeversorgungssystem	19	Beleuchtungsanlage (Energiesparlampen)
9	Beleuchtungsanlage & Lüftungs- und Klimaanlage (Wärmerückgewinnung, Zeitsteuerung der Anlage)	20	Beleuchtungsanlage (LED) & Lüftungs- und Klimaanlage & Wärmeversorgungssystem
10	Beleuchtungsanlage (LED, Zeitschaltuhr)	21	Beleuchtungsanlage (LED) & Wärmeversorgungssystem (BHKW)
11	Keine Angaben	22	Beleuchtungsanlage (LED)

Tabelle 8: Bereiche der Energiesparmaßnahmen bei den untersuchten Hotels

Bemerkenswert ist hier, dass fast alle Hotels Energiesparmaßnahmen im Bereich der Beleuchtungsanlage realisiert haben. Dabei stellt sich die Umrüstung auf LED-Leuchtmittel als Hauptmaßnahme in der größten Zahl der Hotels dar. In Bereichen wie Wärmeversorgungssystem und Lüftungs- und Klimaanlage beziehen sich die Maßnahmen vor allem auf die Regelung und Nutzungsoptimierung der Anlage. Bei zwei Hotels werden Blockheizkraftwerke (BHKW) eingesetzt. Letzterer Punkt und die Umrüstung auf LED-Leuchtmittel werden im Rahmen dieser wissenschaftlichen Arbeit noch weiter erörtert.

- ***Betriebsgröße- Hotelzimmer und Suiten***

Hinsichtlich der Betriebsgröße weisen die erforschten Hotels große Differenzen insbesondere betreffend der Anzahl von Hotelzimmern und Suiten auf. Die Hotelzimmer variieren zwischen minimaler Anzahl von 99 Zimmern und maximaler Anzahl von 555 Zimmern. Eine ähnliche Beobachtung ist aber auch bei den Suiten zu machen. Dabei sind einige Hotels mit einer deutlich niedrigen Anzahl von Suiten (1 bis 2 Suiten) ausgestattet, während bei anderen Hotels die Anzahl bis zu 42 Suiten beträgt (Tab. 9).

Hotel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Bereich											
Hotelzimmer	500	527	514	298	454	543	505	403	316	248	161
Suiten	33	30	13	2	27	24	38	30	7	4	1
Hotel	12	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Bereich											
Hotelzimmer	99	555	261	287	347	303	240	116	222	352	287
Suiten	6	42	10	7	11	1	14	3	28	8	11

Tabelle 9: Anzahl der Hotelzimmer und Suiten

Die Gestaltung von Hotelzimmern und Suiten in den untersuchten Hotels unterscheidet man in zwei Bereiche: Wohnbereich und Sanitärbereich. Durch die erfassten Daten wird festgestellt, dass bezüglich der energiebezogenen Dienstleistungen im Wohnbereich alle erforschten Hotels über Minibars und Fernseher verfügen. Laut den erforschten Hotels, „Die Minibar stellt ein energieintensives Gerät dar und führt schließlich zu einer deutlichen Erhöhung des Energieverbrauchs eines Hotelzimmers, jedoch kommt sie am meisten aus Marketing-Aspekten zum Einsatz“.

- **Gastronomie-Bereich**

Der Gastronomie-Bereich bildet einen wesentlichen Bestandteil eines Hotels und ist bezüglich der Wirtschaftlichkeit von großer Bedeutung. In diesem Bereich zeigen die erfassten Daten auf, dass alle untersuchten Hotels über Gastronomie-Bereiche wie Restaurants, Cafés, Tagungs- und Seminarräume verfügen. Ein großer Anteil der Hotels (19 Hotels=86%) ist mit 1 bis 3 Restaurant ausgestattet, während bei lediglich 3 Hotels die Anzahl 5 bis 6 Restaurants beträgt. Einen weiteren Kernaspekt in den untersuchten Stadthotels stellen die Tagungs- und Seminarräume dar. Mehr als die Hälfte der Hotels (15 Hotels=68%) verfügen über mehr als 10 Tagungs- und Seminarräume. Die höchste Anzahl der Tagungs- und Seminarräume beträgt 30, während die geringste Anzahl bei 4 liegt (Tab. 10).

Hotel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Bereich											
Restaurants	6	2	2	2	6	5	3	3	1	2	1
Seminarräume	30	25	17	10	23	7	17	8	9	11	5
Hotel	12	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Bereich											
Restaurants	3	3	2	3	2	2	1	1	1	2	3
Seminarräume	4	8	14	14	9	14	13	7	11	10	15

Tabelle 10: Anzahl der Gastronomie-Bereiche bei den Hotels

- **Freizeitbereich**

Der Freizeitbereich stellt bei den meisten Stadthotels gegenüber den anderen Hoteltypen wie Berg- oder Strandhotels eher eine bescheidende Abteilung dar. Die erforschten Stadthotels verfügen über einen bestimmten Standard vom Freizeitbereich, welcher überwiegend aus Wellnessbereich und Hallenbad besteht. Die erfassten Daten deuten in diesem Rahmen daraufhin, dass die Mehrheit der untersuchten Hotels mit Wellnessbereich und Hallenbad ausgestattet sind. Hier beträgt die Anzahl 20 Hotels, was ca. 91% der gesamten Anzahl der Hotels ausmacht (Tab. 11). Unter dem Wellnessbereich gliedern sich weitere Abteilungen, welche anhand der Hoteldaten wie folgt anzuordnen sind: Dampfbäder, Saunen, Fitness und Massageräume (Tab. 12).

Weitere Bereiche	Vorhanden bei	Anteil %
Wellnessbereich	20 Hotels	91 %
Hallenbad	20 Hotels	91 %

Tabelle 11: Nutzungen in den untersuchten Hotels

Wellnessbereich	Vorhanden bei	%
Dampfbäder	14 Hotels	64 %
Saunen	20 Hotels	91 %
Fitness	17 Hotels	77 %
Massage	12 Hotels	55 %

Tabelle 12: Die vorhandenen Abteilungen im Wellnessbereich

### • Dienstleistungsbereiche

Die Dienstleistungsbereiche bilden zentrale Abteilungen, die zum Betrieb eines Hotels nötig sind. Durch die erfassten Hoteldaten sind die wichtigsten Dienstleistungen in den folgenden Aufgabenbereichen zu finden: Küchenbereich, Wäscherei und technische Bereiche. Laut den erhobenen Daten verfügen alle untersuchten Hotels über interne Küchenbereiche, welche grundsätzlich aus drei Hauptabteilungen bestehen: Kochabteilung, Kühl- und Tiefkühlabteilung einschließlich Spülabteilung. Bezüglich der Wäscherei ist hingegen festzustellen, dass nur ein geringer Anteil der Hotels (4 Hotels=18%) über interne Wäschereien verfügen. Die Reinigungsprozesse sind bei den meisten Hotels über eine externe Wäscherei abgedeckt.

Die interne Wäscherei bei Hotels stellt einen wichtigen Bezugspunkt dar, welcher dahingehend kritisiert werden kann, den Energieverbrauch sowie auch die Energiekosten bei Hotels zu steigern. Bei Betrachtung des Gesamtenergieverbrauchs der Hotels in Kwh/m<sup>2</sup>/Jahr, die über eine interne Wäscherei verfügen (Hotelnummer: 11, 14, 19 und 22), ist festzustellen, dass diese Betriebe unter den Hotels zu gliedern sind, deren Gesamtenergieverbrauch zwar nicht der höchste ist, jedoch über den Durchschnitt (295 kwh/m<sup>2</sup> EBF/a) liegt und sie somit einen höheren Energieverbrauch gegenüber den meisten untersuchten Hotels aufweisen. (Abb.12) (Tab.13).

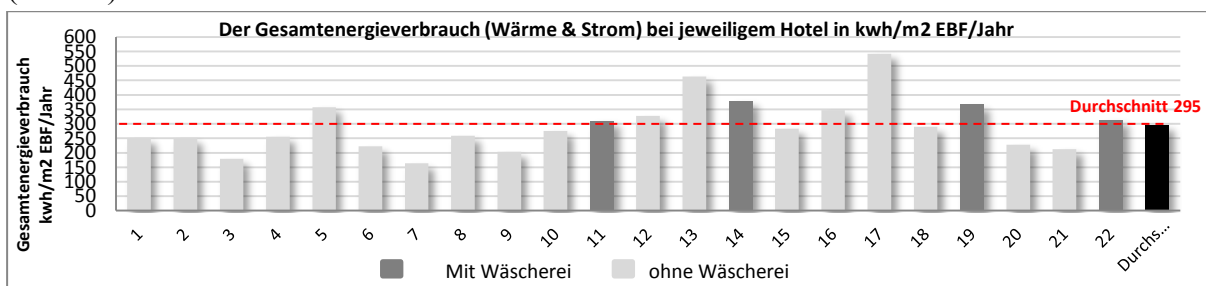


Abbildung 12: Der Gesamtenergieverbrauch (Wärme & Strom) bei jeweiligem Hotel in kwh/m<sup>2</sup> EBF/Jahr

Hotel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Gesamtenergieverbrauch	252	251	180	256	358	223	164	259	204	276	<u>310</u>
Hotel	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Gesamtenergieverbrauch	328	464	<u>377</u>	284	348	542	290	<u>367</u>	228	213	<u>312</u>

Tabelle 13: Gesamtenergieverbrauch der Hotels in kwh/m<sup>2</sup> EBF/Jahr

Weiterhin ist in Bezug auf die Energiekosten am Umsatz hier ebenso festzulegen, dass die erwähnten Hotels in die Kategorie der Betriebe, deren Energiekosten am Umsatz als „Hoch“ bezeichnet wurden, zu gliedern sind (Tab.6).

Abschließend ist darauf hinzuweisen, dass die bereits erläuterten Zahlen, Daten und Informationen, eine Grundlage darstellen, welche dazu dienen soll, einen Überblick über die erforschten Hotels bezüglich der vorhandenen Nutzungen, Bereiche und Ausstattungen zu erlangen.

### ***2.3.2.2. Auswertung der Daten im Bereich Gebäudetechnik***

#### ***Methodik***

Der zweite Aspekt der Auswertung von Hoteldaten bezieht sich auf die Gebäudetechnik der untersuchten Hotels. Die Gebäudetechnik bildet einen wesentlichen Bestandteil eines Hotels und ist hinsichtlich der Energieeffizienz von großer Bedeutung. Im Rahmen der vorliegenden empirischen Untersuchung wird die Gebäudetechnik und ihre Einzelheiten im Wesentlichen berücksichtigt. Dabei gliedert sich die Auswertung in zwei Ebenen.

- Die erste Ebene bezieht sich auf den Stand der Technik und dient dazu, die vorhandenen technischen Anlagen und ihre Komponente in den untersuchten Hotels zu identifizieren und zu beurteilen.
- Die zweite Ebene handelt es sich darum, der Einfluss der durchgeführten Energiesparmaßnahmen im Bereich Gebäudetechnik auf die Senkung des Energieverbrauchs zu beurteilen.

Die Beurteilung der durchgeführten Energiesparmaßnahmen wird in zwei Arbeitsphasen realisiert. Im ersten Schritt werden die vorhandenen Energiesparmaßnahmen in jedem Hotel bestimmt. Anschließend werden im zweiten Schritt die durchgeführten Energiesparmaßnahmen in einen Vergleich mit dem Energieverbrauch gesetzt und ausgewertet.

Die Beurteilung des technischen Niveaus der untersuchten Hotels wird auf Grundlage der Gebäudetechnik bemessen. Dabei werden die vorhandenen technischen Anlagen ermittelt und analysiert. Die bedeutendsten technischen Anlagen, welche anhand der vorliegenden Untersuchung berücksichtigt werden, sind wie folgt zu gliedern:

- 1- Wärmeversorgungssystem***
- 2- Lüftungs- und Klimaanlage***
- 3- Beleuchtungsanlage***

#### ***1- Wärmeversorgungssystem***

##### ***1-1- Stand der Technik***

Wie die Daten im Bereich des Wärmeversorgungssystems zeigen ist die Wärmeproduktion bei allen untersuchten Hotels durch eine zentrale und einheitliche Heizungsanlage gedeckt. Die erzeugte Wärme wird für die Heizung und Warmwasserbereitung eingesetzt. Der Wärmeträger (Luft, Wasser) wird über ein Wärmenetz und diverse Warmwasserleitungen im Gebäude verteilt und schließlich zu den Verbrauchsstellen geliefert. In diesem Zusammenhang gliedern sich die Bestandteile der untersuchten Wärmeversorgungssysteme in drei Komponenten: Wärmeerzeugungssystem, Wärmeverteilungssystem und Wärmeabgabesystem.

##### ***a. Wärmeerzeugungssystem***

Zur Wärmeerzeugung in Hotels stehen derzeit mehrere Arten von Wärmeversorgungssystemen zur Verfügung. Bei den erfassten Hotels handelt es sich bei den vorhandenen Wärmeerzeugungssystemen grundsätzlich um drei Arten: Fernwärme, Heizkessel und Blockheizkraftwerk (BHKW).

- Die Fernwärme in den erfassten Hotels handelt es sich um ein System, bei dem die Wärme von einem Wärmeerzeuger über ein isoliertes Fernwärmenetz zu der zentralen Wärmestation in den Hotels übertragen wird. Die dabei transportierte thermische Energie wird für Heizung und Warmwasserbereitung eingesetzt.
- Der Heizkessel stellt sich als weiteres Heizungssystem bei den untersuchten Hotels dar. Die Wärme wird durch die Verbrennung von fossilen Energieträgern erzeugt und für Heizung und Warmwasserbereitung für die Hotelbereiche genutzt.
- Das Blockheizkraftwerk (BHKW) kommt bei weniger erfassten Hotels zum Einsatz. Die bei den untersuchten Hotels eingesetzten Blockheizkraftwerke basieren auf dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung und sind ausschließlich zur Gewinnung von Wärme verwendet (Wärmegeführtes BHKW).

Die Datenerhebung weist darauf hin, dass die Mehrheit der erforschten Hotels über Fernwärme beheizt wird. Dabei beträgt die Anzahl 15 Hotels mit einem Anteil in Höhe von 63% der gesamten untersuchten Hotels. 5 Hotels sind mit einem Heizkessel und 2 Hotels mit einem gemischten System (Heizkessel und BHKW) ausgestattet (Abb. 13).

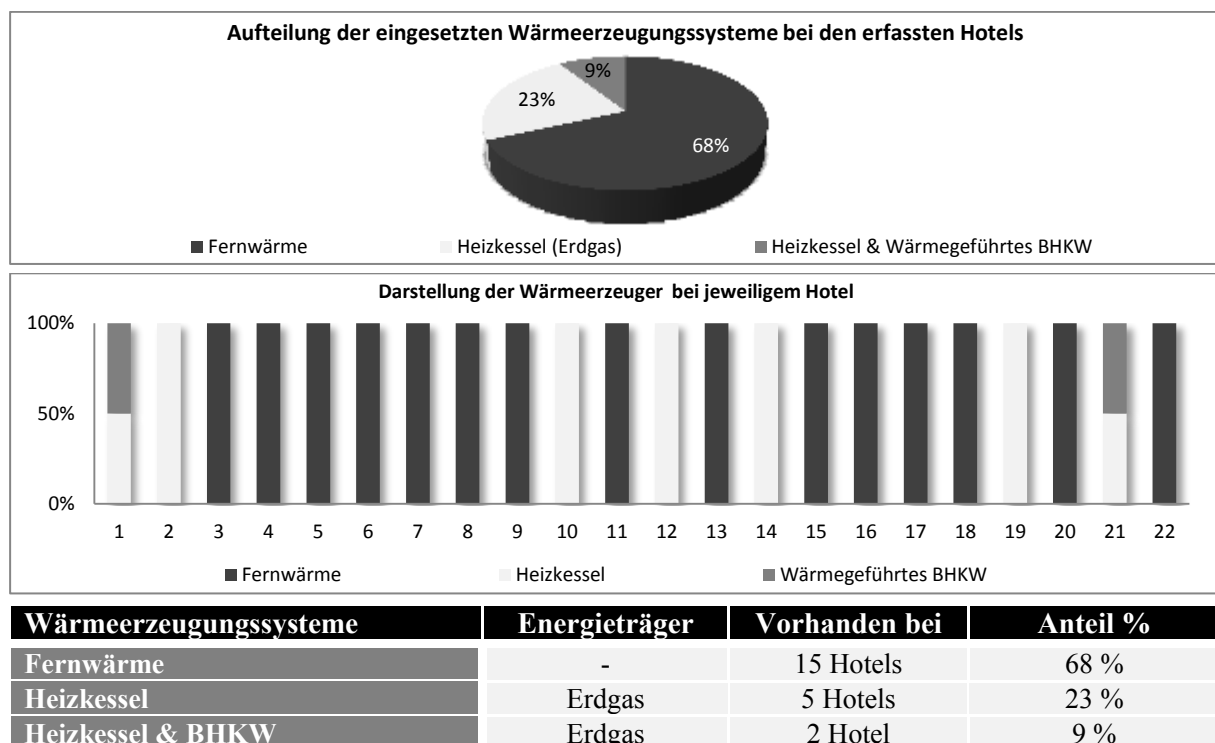


Abbildung 13: Aufteilung der eingesetzten Wärmeversorgungssysteme bei den erfassten Hotels

Grundsätzlich fällt hier auf, dass die Hotels mit gemischtem System (Heizkessel und BHKW) (Hotelnummer: 1 und 21) einen geringeren Wärmeverbrauch gegenüber den Hotels, die mit lediglich Heizkesseln betrieben sind, aufweisen (vergleich des Wärmeverbrauchs der Hotels (Tab.5)).

Anhand der Literatur ist bezüglich des Systems der Blockheizkraftwerke festzustellen, dass diese hohen Wirkungsgrad besitzen. Dieser kann einen Wert von 85% bis 95% erreichen.<sup>73</sup> In diesem Zusammenhang ist also folgendes zu erläutern: Je höher der Wirkungsgrad des Systems, desto höher ist seine Energieproduktivität und somit ist die Energie geringer, die durch Wandlungsprozesse verloren gehen könnte.<sup>74</sup>

Die Reduzierung des Verlustes an Energie durch Wandlungsprozesse hat die Aufgabe, größere Mengen der eingesetzten Energie nutzbar zu machen. Dies führt schließlich dazu, den Energieverbrauch hierdurch zu reduzieren. In diesem Kontext findet hier eine Verbindung zwischen Verbrauch und Erzeugung von Energie. Infolgedessen stellen sich die BHKW mit ihrem hohen Wirkungsgrad als effektiver Faktor zur Reduzierung des Energieverbrauchs für Heizung und Warmwasseraufbereitung in den erwähnten Hotels dar.

#### *a.1. Bauarten der eingesetzten Heizkessel*

Die vorhandenen Bauarten von Heizkesseln gliedern sich in drei Kategorien: Standardheizkessel, Niedertemperaturkessel und Brennwertkessel. Die wesentlichen Unterschiede zwischen den erwähnten Heizkesseln sind schließlich wie folgt zusammenzufassen.

- **Standardheizkessel:** Ein Standardkessel wird in der Regel mit einer fest eingestellten Kesselwassertemperatur in Höhe von ca. 90°C betrieben. Dies hat jedoch zur Folge, dass die Abstrahlverluste zuweilen sehr hoch sind, was folglich eine Verschwendung der Energie und somit auch eine Senkung des Wirkungsgrades des Kessels verursacht. Der Wirkungsgrad eines Standardheizkessels liegt bei max. 70%.
- **Niedertemperaturkessel:** Bei Niedertemperaturkesseln handelt es sich um eine verbesserte Heizkessel-Technik gegenüber dem Standardkessel. Der Nutzungsgrad eines Niedertemperaturkessels beträgt ca. 92 bis 95%. Die wichtigsten Merkmale dieser Systeme gegenüber der Standardkessel bestehen darin, dass zum einen die Vorlauftemperatur des Kessels durch die Außentemperatur bestimmt wird, was den Vorteil hat, dass das Kesselwasser nur nach Bedarf erwärmt wird und zum anderen die vorhandene angemessene Isolierung, die dabei hilft, die hohen Vorlauftemperaturen zu vermeiden.
- **Brennwertkessel:** Ausgestattet mit optimierten Techniken stellen sie eine weiterentwickelte Version gegenüber den Niedertemperaturkesseln dar. Eines der wichtigsten Merkmale des Brennwertkessels bezieht sich darauf, dass die Wärme des Wasserdampfes, welcher im Abgas des Kessels enthalten ist, durch einen Wärmetaucher wieder verwendet werden kann. Dies hat den Vorteil, dass der Verbrauch von Energieträgern reduziert wird.<sup>75</sup>

Anhand der Daten über die eingesetzten Bauarten von Heizkesseln in den Hotels ist darauf hinzudeuten, dass die überwiegende Anzahl von 4 der Hotels, welche mit Heizkesseln ausgestattet sind, über Standardheizkessel verfügen. Ferner sind zwei Hotels mit Niedertemperaturkesseln und lediglich ein Hotel mit einem Brennwertkessel ausgestattet (Abb. 14).

---

<sup>73</sup> Vgl. (Kleiner, 2003, S. 55)

<sup>74</sup> Vgl. (Danyel T. Reiche, 2005, S. 191,192)

<sup>75</sup> Vgl. (Natho, 2008, S. 29)

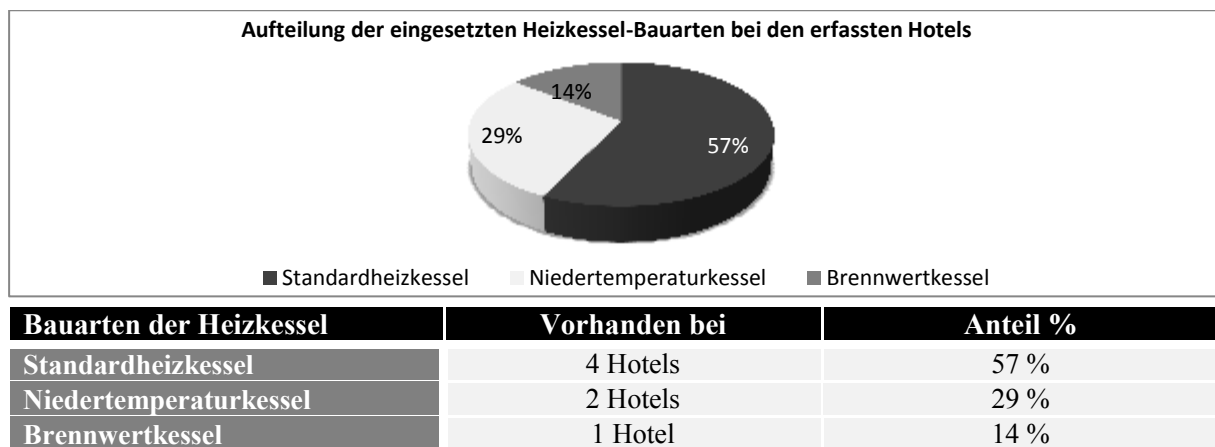


Abbildung 14: Aufteilung der eingesetzten Heizkessel-Bauarten bei den erfassten Hotels

Die mit Niedertemperaturkesseln und Brennwertkesseln ausgestatteten Hotels (Hotelnummer: 1, 2 und 21) sind unter den Neuhotels, als auch den modernisierten Hotels zu gliedern (siehe Tab.7, 8). Die Standardkessel hingegen lassen sich hauptsächlich bei den Hotels die keine Renovierungs- und Modernisierungsmaßnahmen, im Bereich des Wärmeversorgungssystems, durchgeführt haben finden (Hotelnummer: 10, 12, 14 und 19) (siehe Tab.7, 8). Die Grafik zeigt somit, dass die meisten der Hotels, also mehr als die Hälfte, die Heizkessel nutzen, renovierungsbedürftig im Bereich des Wärmeversorgungssystems sind. Der Einsatz von modernen Kesselarten kann den Nutzungsgrad bis zu 25 % gegenüber dem Standardkessel erhöhen und spielt eine wichtige Rolle bei der Steigerung der Effektivität des Wärmeversorgungssystems und der Energieeffizienz. Dies ist anhand der Daten über den Wärmeverbrauch der untersuchten Hotels deutlich zu erkennen (Tab.5). Dabei weisen die mit Brennwertkesseln und Niedertemperaturkesseln ausgerüsteten Hotels einen deutlich niedrigeren Wärmeverbrauch gegenüber den Hotels mit Standardheizkesseln auf.

### **b. Wärmeverteilungssystem**

Das Wärmeverteilungssystem besteht hauptsächlich aus Rohrleitungen, die für den Transport des Wärmeträgers vom Wärmeerzeugungssystem bis hin zum Wärmeabgabesystem sorgen. Sie können aus Materialien wie Kupfer, Stahl und Kunststoff bestehen.<sup>76</sup> Die Wärmedämmung an das Wärmeverteilungssystem und ihre Dicke spielt bei der Verhinderung der Wärmeverluste an Rohrleitungen eine wichtige Rolle.<sup>77</sup> Bei den untersuchten Hotels zeigen die Daten, dass die eingesetzten Dämmungsdicken des Wärmeverteilungssystems (Heizung, Warmwasser) überwiegend 2 bis 5 cm betragen. Im Gegensatz dazu liegen die Dämmungsdicken der Warmwasserspeicher bei 5 bis 10 cm (Tab.14, 15). In diesem Kontext ist darauf hinzuweisen, dass die Dämmung des Wärmeverteilungssystems bereits in der Heizanlagenverordnung HeizAnIV als verpflichtend galt und anschließend in der EnEV gleichermaßen vorgeschrieben wurde.

Wärmeverteilungssystem	Dämmungsdicke	Durchschnitt
Dämmung-Rohrleitung	2 - 5 cm	3,5 cm

Tabelle 14: Dämmungsdicke-Wärmeverteilungssystem

<sup>76</sup> Vgl. (Thomas Gramlich, 2010, S. 159)

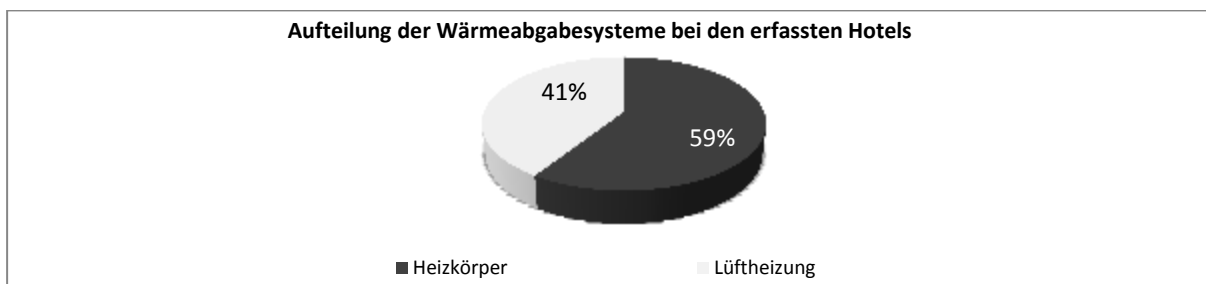
<sup>77</sup> Vgl. (Königstein, 2009, S. 147,148)

Warmwasserverteilungssystem	Dämmungsdicke	Durchschnitt
Dämmung-Rohrleitung	2 - 5 cm	3,5 cm
Dämmung-Speicher	5 - 10 cm	7,5 cm

Tabelle 15: Dämmungsdicke-Warmwasserverteilungssystem

### c. Wärmeabgabesystem

Die Wärmeabgabesysteme als weitere Bestandteile eines Wärmeversorgungssystems dienen dazu, die über das Wärmeverteilungssystem transportierte Wärme ausgewogen im Raum abzugeben. Für die Wärmeabgabe können in der Regel verschiedene Systeme wie zum Beispiel Heizkörper, Flächenheizung und Luftheizung eingesetzt werden.<sup>78</sup> Bei den erfassten Hotels stehen ausschließlich zwei Systeme zur Verfügung: Heizkörper und Luftheizung. Dabei stellen sich die Heizkörper als das überwiegend eingesetzte System der Hotels dar (Abb. 15).



Wärmeabgabesysteme	Vorhanden bei	Anteil %
Heizkörper	13 Hotels	59 %
Luftheizung	9 Hotels	41 %

Abbildung 15: Aufteilung der Wärmeabgabesysteme bei den erfassten Hotels

<sup>78</sup> Vgl. (Schmid C. , 2013, S. 91)



## ***1-2- Bestimmung der vorhandenen Energiesparmaßnahmen im Bereich Wärmeversorgungssystem***

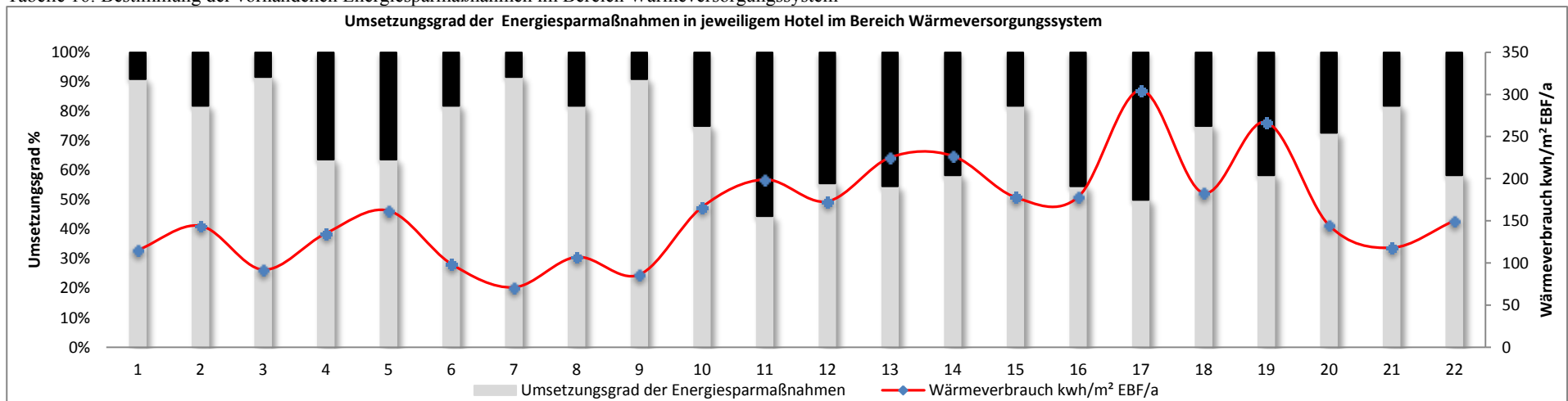
Im Rahmen des Fragebogens wurde bei den Hotels der Einsatz von folgenden Maßnahmen ermittelt und bewertet. Diese gliedern sich in verschiedene Bestandteile des Systems. Ausgehend vom Energieerzeugungs- und Wärmeverteilungssystem bis hin zum Wärme- und Warmwasserabgabesystem. Die betrachteten Maßnahmen umfassen:

- Die Regelung des Wärmeerzeugungssystems durch:
  - Vorlauftemperaturregelung gemäß Außentemperatur
  - Temperaturregelung nach Raumnutzung
  - Hydraulischer Abgleich
  - Nacht-Absenkung der Heizleistung
- Das Wärmeverteilungssystem bezüglich der vorhandenen Wärmedämmung
  - gedämmte Wärmerohrleitung und Warmwasserleitungen
  - gedämmter Warmwasserspeicher
- Regelung des Wärme- und Warmwasserabgabesystems durch:
  - automatische Thermostatventile
  - Regelung der Heizung durch Fensterkontaktschalter
  - Warmwasser-Sparsysteme sowie Warmwassersparende Brausen und Wassersparmischdüsen
  - Knopfdruck- Minuterie -Schaltung (insbesondere in Sanitär- und Wellnessbereichen)
  - Durchflussbegrenzer (insbesondere in Sanitär- und Wellnessbereichen)
  - Aktivierungstaster nach Belegung in Bereichen wie Saunen und Dampfbädern

Im folgenden Schritt wird die Durchführung der oben genannten Energiesparmaßnahmen in jeweiligem Hotel beurteilt. Hier werden die vorhandenen Energiesparmaßnahmen in jedem Hotel bestimmt um hieraus den Umsetzungsgrad der Maßnahmen bei jedem Hotel zu ermitteln (Tab. 16) (Abb. 16).

Energiesparmaßnahmen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
<b>Wärmeversorgungssystem:</b>																						
Vorlauftemperaturregelung nach Außentemperatur	x	x	x	x	o	o	x	x	x	x	o	x	x	o	x	o	o	x	o	x	x	o
Temperaturregelung nach Raumnutzung	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Hydraulischer Abgleich	x	o	x	x	o	x	x	x	o	x	o	o	o	o	o	x	o	x	o	x	x	x
Nachts-Absenkung der Heizleistung	o	x	o	o	x	o	x	x	x	x	o	o	x	x	x	o	x	x	x	x	x	o
Gedämmte Wärmerohrleitung und Warmwasserleitungen	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	o	x	x	x	x	x
Gedämmter Warmwasserspeicher			x				x			x	x		x				x	x	x			x
Warmwasser-Sparsysteme	x	x	x	x	o	x	x	x	x	o	x	x	o	x	x	x	x	x	x	o	x	o
automatische Thermostatventile	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	o	o	x	o	o	o	x	x	o	x	x	o
Fensterkontaktschalter Heizung	x	x	x	o	x	x	x	o	x	x	o	o	o	x	x	o	o	x	o	o	x	x
Aktivierungstaster in Bereichen Saunen und Dampfbädern	x	x	x	o	x	x	o	x	x	x			o	x	x	x	o	o	x	x	o	x
Knopfdruck- Minuterie -Schaltung (Wellness)	x	x	x	o	x	x	x	o	x	o			x	o	x	o	o	o	o	x	o	x
Durchflussbegrenzer (Wellness)	x	o	x	x	o	x	x	x	x	o			o	o	x	x	x	o	x	o	x	o
<b>(x) Vorhanden (o) nicht Vorhanden</b>																						

Tabelle 16: Bestimmung der vorhandenen Energiesparmaßnahmen im Bereich Wärmeversorgungssystem

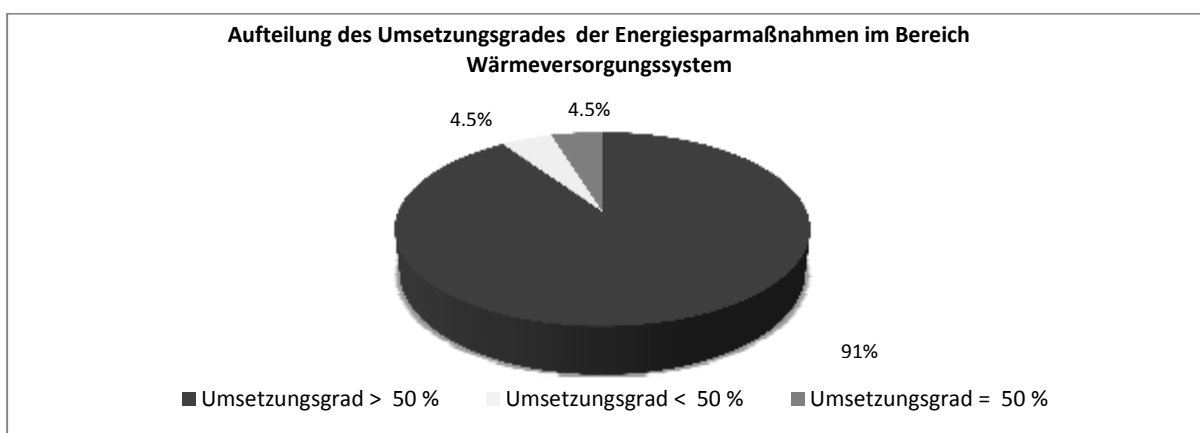


Hotel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Baujahr	2007	1992	1995	1966	1988	1996	2005	1994	1986	1990	1993	1938	1993	1992	1984	1993	1970	1993	1972	1972	1971	1993
Wärmeverbrauch kWh/m² EBF/a	115	144	92	135	162	99	71	107	86	166	199	173	225	227	178	178	305	183	267	145	118	150
Umsetzungsgrad %	91%	82%	92%	64%	64%	82%	92%	82%	91%	75%	44%	56%	55%	58%	82%	55%	50%	75%	58%	73%	82%	58%

Abbildung 16: Umsetzungsgrad der Energiesparmaßnahmen im jeweiligem Hotel im Bereich Wärmeversorgungssystem

### 1-3- Beurteilung der Durchführung der Energiesparmaßnahmen im Bereich Wärmeversorgungssystem

In Anbetracht der vorliegenden Daten über die Durchführung der Energiesparmaßnahmen im Bereich Wärmeversorgungssystem ist zu bemerken, dass die Hotels unterschiedliche Verhältnisse bei der Umsetzung der Energiesparmaßnahmen aufweisen. Jedoch ist darüber hinaus ersichtlich, dass die meisten Hotels wiederum einen hohen Umsetzungsgrad der Energiesparmaßnahmen aufzeigen. 20 Hotels mit einem Anteil in Höhe von 91% der gesamten erforschten Hotels zeigen einen Umsetzungsgrad in Höhe von über 50%. Dazu im Vergleich beträgt die Anzahl der Hotels, bei denen der Umsetzungsgrad bei weniger als 50% liegt, lediglich einem Hotel (Abb. 17). Darüber hinaus ist darauf hinzuweisen, dass der Umsetzungsgrad der Energiesparmaßnahmen im Bereich Wärmeversorgungssystem einen Einfluss auf den Wärmeverbrauch bei den meisten untersuchten Hotels aufzeigt.



Umsetzungsgrad der Energiesparmaßnahmen	Anzahl der Hotels	Anteil %
> 50 %	20 Hotels	91 %
< 50 %	1 Hotels	4,5 %
= 50 %	1 Hotels	4,5 %

Abbildung 17: Aufteilung des Umsetzungsgrades der Energiesparmaßnahmen im Bereich Wärmeversorgungssystem

## 2- Lüftungs- und Klimaanlage

### 2-1- Stand der Technik

Weitere wesentliche Bestandteile der Gebäudetechnik eines Hotels bilden die Lüftungs- und Klimaanlage und dienen dazu, die Luftqualität und das Raumklima zu verbessern. Anhand der durchgeführten empirischen Untersuchung wurden mehrere Aspekte im Bereich der Lüftungs- und Klimaanlage berücksichtigt. Dazu zählen: Nutzungsbereiche, Bauarten der Anlage und die ausgeführten Energiesparmaßnahmen.

#### a. Nutzungsbereiche

Laut der befragten Hotels, die Lüftungs- und Klimaanlage wird überwiegend für die Optimierung der Luftqualität in Räumen mit hoher Luftfeuchtigkeit wie Küchen, Bäder, Sanitärbereiche, Schwimmbäder und Saunen, als auch in Räumen wie Raucherbereiche und Aufenthaltsbereiche wie Hotelzimmer und Tagungsräume, Restaurants und Verwaltungsbereich eingesetzt. Durch die erfassten Daten ist weiterhin darauf hinzuweisen, dass jedes der untersuchten Hotels über ein einheitliches System zur Lüftung und Klimatisierung verfügt, deren Bauarten sind wie folgt zu erläutern.

#### b. Bauarten der Anlage

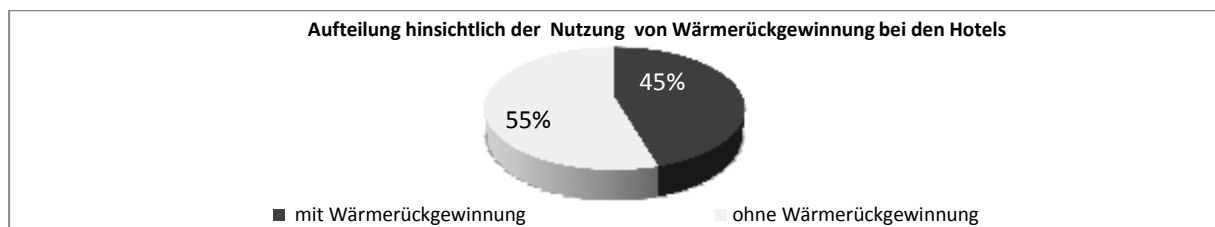
Die vorhandenen Lüftungs- und Klimaanlage gliedern sich ausschließlich in das System Zu- und Abluftanlagen. Dabei wird zwischen zwei Bauarten unterschieden: Zentral und Zentral & Dezentral. 12 Hotels (55% der erforschten Hotels) sind mit Zentralen Anlagen ausgestattet. Im hingegen verfügen 10 Hotels über ein gemischtes System für Lüftung und Klimatisierung (Zentral und Dezentral) mit einem Anteil von 45% (Abb. 18).



Abbildung 18: Die vorhandenen Bauarten der Lüftungs- und Klimaanlage

#### c. Die Nutzung von Wärmerückgewinnung

In Anbetracht der Nutzung von Wärmerückgewinnung als eine wesentliche Energiesparmaßnahme im Bereiche Lüftungs- und Klimaanlage, zeigt die Untersuchung darüber hinaus, dass die Lüftungs- und Klimaanlage nur bei einer relativ geringeren Anzahl von Hotels mit Wärmerückgewinnung ausgerüstet sind. Lediglich 10 von 22 Hotels sind ihre Systeme mit Wärmerückgewinnung ausgestattet (Abb. 19).



Wärmerückgewinnung	Vorhanden bei	Anteil %
Mit Wärmerückgewinnung	10 Hotels	45 %
ohne Wärmerückgewinnung	12 Hotels	55 %

Abbildung 19: Aufteilung hinsichtlich der Nutzung von Wärmerückgewinnung bei den Hotels

### c. Einfluss der Nutzung von Wärmerückgewinnung auf den Wärmeverbrauch

Die Datenerhebung gibt Aufschluss darüber, dass die Hotels, die mit Wärmerückgewinnung in Bezug auf die Lüftungs- und Klimaanlage ausgestattet sind (Hotelnummer: 1 bis 4 und 6 bis 10 und 20), einen überwiegend niedrigeren Wärmeverbrauch gegenüber den Hotels ohne Wärmerückgewinnung aufweisen. Der Wärmeverbrauch bei diesen Hotels liegt dabei überwiegend unter dem durchschnittlichen Wärmeverbrauch der Hotels (160 kwh/m<sup>2</sup> EBF/Jahr) (Abb.20) (Tab.17). Infolge kann die Nutzung von Wärmerückgewinnung im Bereich Lüftungs- und Klimaanlage einen wirksamen Einfluss auf die Verringerung des Wärmeverbrauchs der Hotels aufweisen und ist bei der Konstruktion einer solchen Anlage durchaus in Betracht zu ziehen.

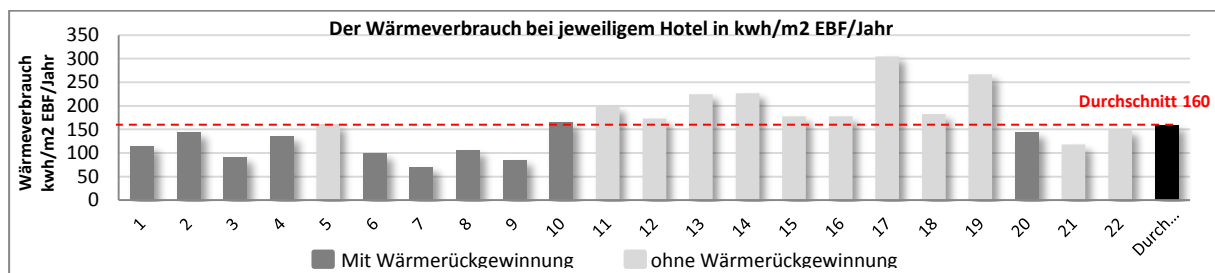


Abbildung 20: Der Wärmeverbrauch bei jeweiligem Hotel in kwh/m<sup>2</sup> EBF/Jahr

Hotel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Wärmeverbrauch	<u>115</u>	<u>144</u>	<u>92</u>	<u>135</u>	162	<u>99</u>	<u>71</u>	<u>107</u>	<u>86</u>	<u>166</u>	199
Hotel	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Wärmeverbrauch	173	225	227	178	178	305	183	267	<u>145</u>	118	150

Tabelle 17: Der Wärmeverbrauch der Hotels in kwh/m<sup>2</sup> EBF/Jahr

### 2-2- Bestimmung der vorhandenen Energiesparmaßnahmen im Bereich Lüftungs- und Klimaanlage

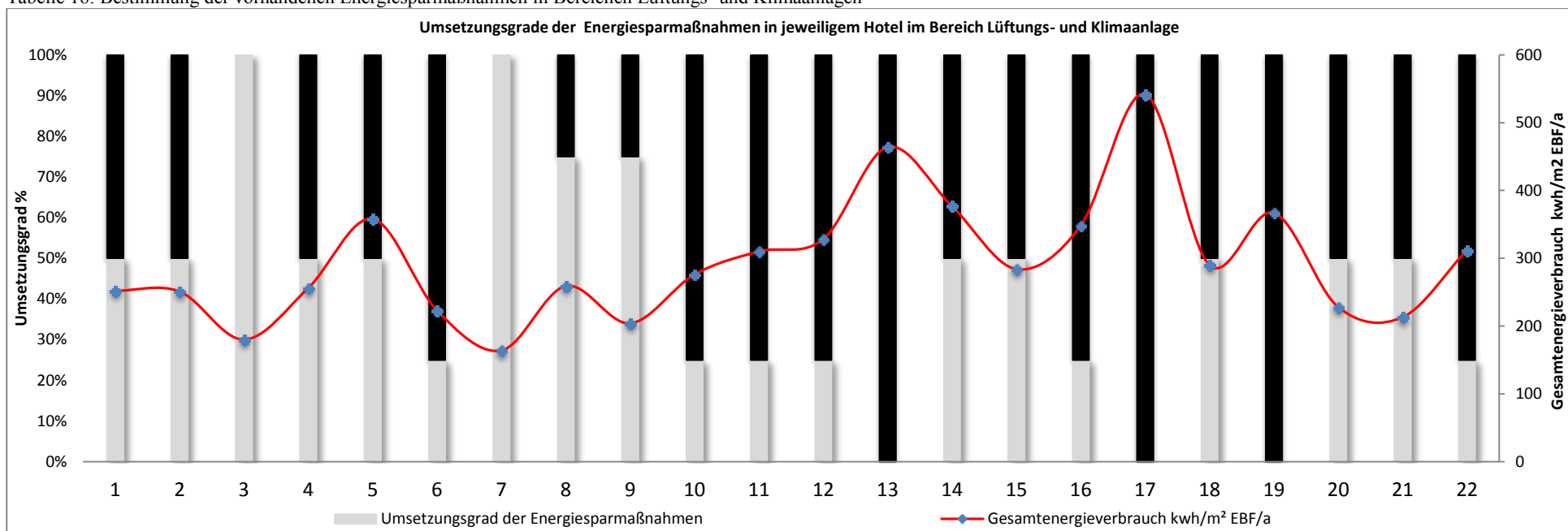
Die aufgeworfenen Fragen gliedern sich grundsätzlich in zwei Aspekte:

- Die erneute Nutzung der Abwärme durch den Einsatz von
  - Wärmerückgewinnung
- Die Regelung und Steuerung der Anlagen nach Bedarf durch:
  - Zeitgesteuerte und geregelte Anlage, und
  - Die Nutzung von Fensterkontaktschalter

Darüber hinaus wird die Durchführung der oben genannten Energiesparmaßnahmen in jeweiligem untersuchten Hotel beurteilt und anhand der im Folgend liegenden Tabellen und Diagramme dargestellt (Tab. 18) (Abb. 21).

Energiesparmaßnahmen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
<b>Lüftungs- und Klimaanlage:</b>																						
Wärmerückgewinnung	x	x	x	x	o	x	x	x	x	x	o	o	o	o	o	o	o	o	o	x	o	o
Zeitgesteuerte Lüftungs- und Klimaanlage	o	o	x	x	x	o	x	x	x	o	o	x	o	x	x	o	o	x	o	x	x	o
Regelung nach Bedarf (Sensoren)	x	o	x	o	o	o	x	o	o	o	x	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Die Nutzung von Fensterkontaktschalter	o	x	x	o	x	o	x	x	x	o	o	o	o	x	x	x	o	x	o	o	x	x
(x) Vorhanden (o) nicht Vorhanden																						

Tabelle 18: Bestimmung der vorhandenen Energiesparmaßnahmen in Bereichen Lüftungs- und Klimaanlage



Hotel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Baujahr	2007	1992	1995	1966	1988	1996	2005	1994	1986	1990	1993	1938	1993	1992	1984	1993	1970	1993	1972	1972	1971	1993
Gesamtenergieverbrauch kwh/m2 EBF/a	252	251	180	256	358	223	164	259	204	276	310	328	464	377	284	348	542	290	367	228	213	312
Umsetzungsgrad %	50%	50%	100%	50%	50%	25%	100%	75%	75%	25%	25%	25%	0%	50%	50%	25%	0%	50%	0%	50%	50%	25%

Abbildung 21: Umsetzungsgrad der Energiesparmaßnahmen im jeweiligem Hotel in Bereichen Lüftungs- und Klimaanlage

### 2-3- Beurteilung der Durchführung der Energiesparmaßnahmen im Bereich Lüftungs- und Klimaanlage

Durch die dargestellten Daten ist ersichtlich, dass die Hotels unterschiedliche aber trotzdem relativ geringere Verhältnisse bei der Durchführung der Energiesparmaßnahmen in Bereichen Lüftungs- und Klimaanlage aufzeigen. Lediglich 4 Hotels weisen einen Umsetzungsgrad von Energiesparmaßnahmen in Höhe von über 50% auf, 9 Hotels beträgt deren Umsetzungsgrad 50%, während 9 Hotels bei weniger als 50% Umsetzungsgrad liegen, drei davon wurden mit keiner der erwähnten Energiesparmaßnahmen ausgestattet (Abb. 22). In diesem Zusammenhang ist erkennbar, dass der Umsetzungsgrad von Energiesparmaßnahmen im Bereich Lüftungs- und Klimaanlage bei den erforschten Hotels relativ niedrig ist. Ferner ist anhand der Grafik (Abb.21) zu bemerken, dass der Umsetzungsgrad der Energiesparmaßnahmen im Bereich Lüftungs- und Klimaanlage einen Einfluss auf den Energieverbrauch bei den meisten erforschten Hotels aufweist.

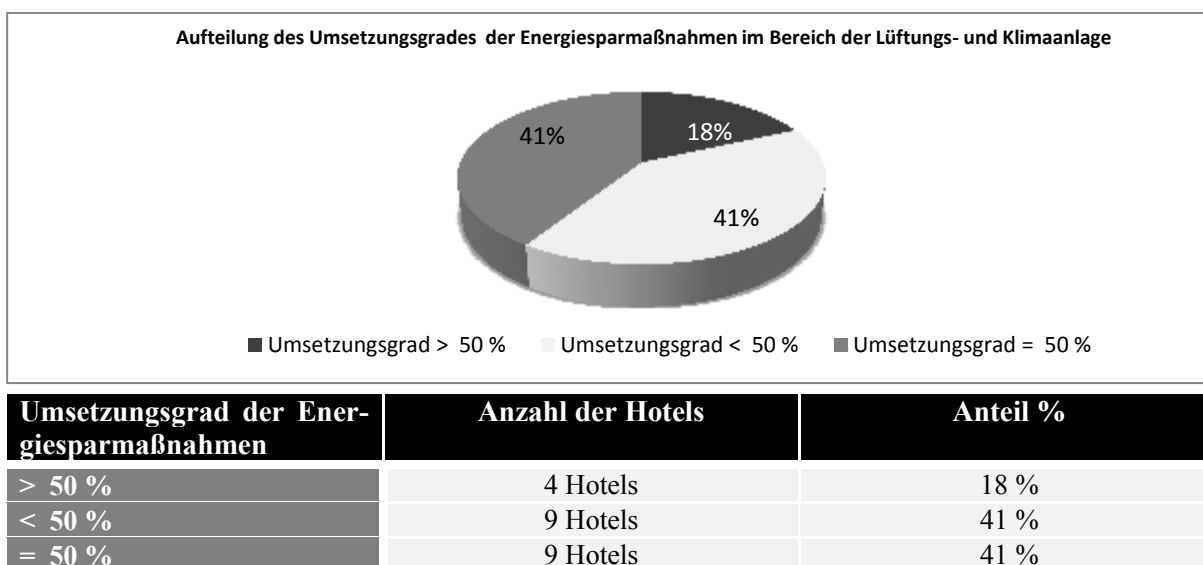


Abbildung 22: Aufteilung des Umsetzungsgrades der Energiesparmaßnahmen in Bereichen Lüftungs- und Klimaanlage

### 3- Beleuchtungsanlage

#### 3-1- Stand der Technik

Neben den bereits studierten technischen Anlagen stellt die Beleuchtungsanlage als einen weiteren Bestandteil der Gebäudetechnik dar, welche in Hinsicht auf die Energieeffizienz der Gebäudetechnik ebenso zu berücksichtigen ist. Die empirische Untersuchung im Bereich Beleuchtungsanlage bezieht sich grundlegend auf zwei Aspekte: die vorhandenen Leuchtmittel und die Steuerung und Regelung der Anlage

##### a. Die vorhandenen Leuchtmittel

Bei den vorhandenen Leuchtmittel der untersuchten Hotels handelt es sich grundlegend um fünf Beleuchtungsarten: herkömmliche Glühlampen, Halogenlampen, Energiesparlampen, Leuchtstoffröhren und LED-Lampen. Die überwiegend eingesetzten Leuchtmittel stellen die Energiesparlampen, Leuchtstoffröhren und LEDs-Lampen dar. Deren Anteile sind schließlich wie folgt anzuordnen (Abb. 23) (Abb.24).

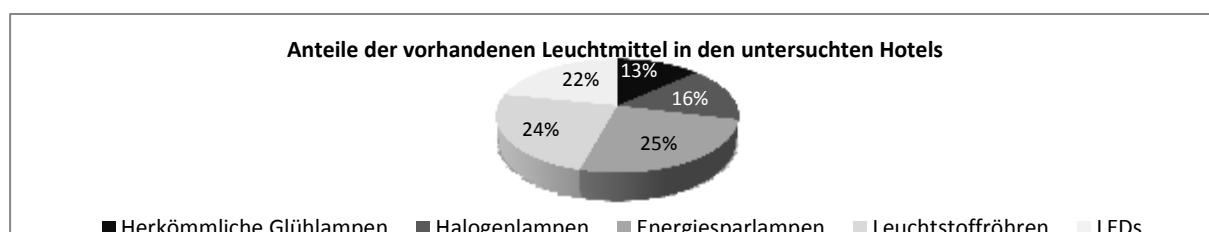


Abbildung 23: Anteile der vorhandenen Leuchtmittel in den untersuchten Hotels

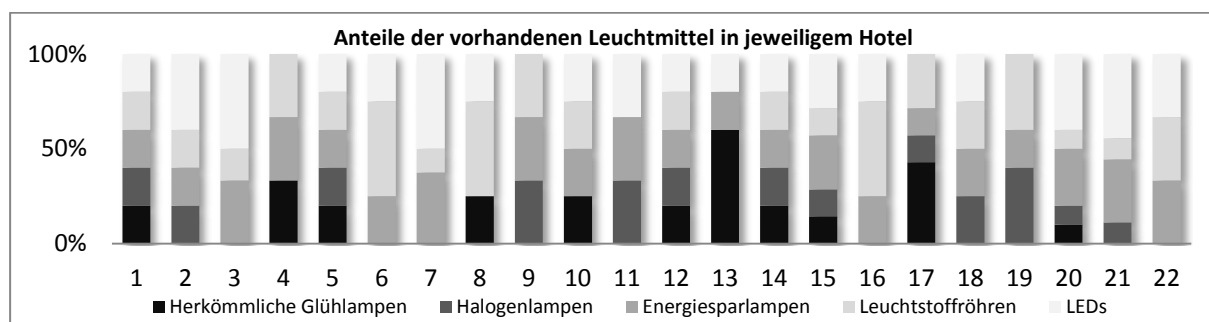


Abbildung 24: Anteile der vorhandenen Leuchtmittel im jeweiligen Hotel

Die Merkmale der Leuchtmittel deuten darauf hin, dass die in den Hotels überwiegend eingesetzten Leuchtmittel: LED-Lampen, Energiesparlampen und Leuchtstofflampen, unter den effizientesten Beleuchtungsarten eingestuft sind. (Tab. 19).

Leuchtmittelarten	Lichtausbeute [Lumen/ Watt]	Energieeffizienzklasse	Lebensdauer [h]
LED-Lampen	60-115 (im Labor >200)	A++ bis A	15.000 – 100.000
Energiesparlampen	40-90	A bis B	8.000 – 12.000
Leuchtstofflampen	60-100	A+ bis B	9.000 – 77.000
Halogenlampen	10-25	D, B/C (IRC), E (Hoch-Volt)	1.500 – 5.000
Glühlampen	4-16	E, F (Spiegelkopf)	1.000

Tabelle 19: Merkmale der vorhandenen Leuchtmittel, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. DEHOGA-Beleuchtung

In Hinsicht auf die Steigerung der Energieeffizienz im Bereich der Beleuchtungsanlage stellen sich die LED-Leuchtmittel als effektive Beleuchtung dar. Sie weisen eine deutlich höhere



Lichtausbeute gegenüber den anderen Arten von Leuchtmitteln auf und sind weiterhin mit einer höheren Energieeffizienzklasse (A++ bis A) zertifiziert. Diese sind zur Folge zur Verbesserung der Energieeffizienz bei Hotels zu empfehlen. Ferner sind die Energiesparlampen auch unter den energieeffizienten Leuchtmitteln mit Energieeffizienzklasse (A bis B) unterteilt. Jedoch wurde festgestellt, dass diese Leuchtarten über giftige Stoffe wie *Quecksilber und Leuchtstoffpulver*<sup>79</sup> verfügen, die Auswirkungen auf die Gesundheit der Nutzer als auch auf die Umwelt haben. Schließlich stellt die richtige Auswahl von Leuchtmittelarten einen wichtigen Aspekt dar, welcher im Rahmen der Energieeffizienz als in Hinblick auf die Umwelt zu berücksichtigen ist.

### ***b. Steuerung und Regelung***

Zur Steuerung und Regelung der Beleuchtungsanlage kommen heutzutage verschiedene Lichttechniken zum Einsatz. In Hinblick auf die erhobenen Daten beziehen sich die vorhandenen Lichttechniken grundlegend auf die folgenden Komponenten: Präsenz- und Bewegungsmelder, Helligkeitssensoren, Vorschaltgeräte und Dämmerungssensoren.

### ***3-2- Bestimmung der vorhandenen Energiesparmaßnahmen im Bereich Beleuchtungsanlage***

Im Rahmen des Fragebogens wurden zwei Ebenen im Bereich der Beleuchtungsanlage berücksichtigt. Bei der ersten Ebene wurden Fragen über die vorhandenen Leuchtmittel bei den Hotels gestellt. Dabei wird die Effizienz der Beleuchtungsanlage bei den erforschten Hotels mit dem Einsatz von LEDs und Energiesparlampen sowie auch mit dem Ersatz von herkömmlichen Glühlampen verbunden. Die zweite Ebene bezieht sich auf die eingesetzten Lichttechniken zur Regelung und Steuerung der Beleuchtungsanlage. Schließlich fasst sich die Befragung im Bereich Beleuchtungsanlage in den erforschten Hotels in folgenden Punkten zusammen:

- vorhandene Leuchtmittel
  - Die Nutzung von LEDs-Leuchtmitteln
  - Die Nutzung von Energiesparlampen
  - Der Ersatz von herkömmlichen Glühlampen
- Regelung und Steuerung der Beleuchtungsanlage durch
  - Den Einsatz von Präsenz- und Bewegungsmeldern
  - Den Einsatz von Helligkeitssensoren
  - Nacht-Absenkung der Lichtintensität
  - Die Verwendung von Dämmerungsschalter-Außenbeleuchtung
  - Die Nutzung von Vorschaltgeräten (Bezogen auf die Vorschaltgeräte wurde lediglich das Vorhandensein von diesen Geräten berücksichtigt. Weitere Informationen über die Arten der Geräte (Konventionelle, Verlustarme und Elektronische Vorschaltgerät) wurden von den Hotels nicht weiter ermittelt.

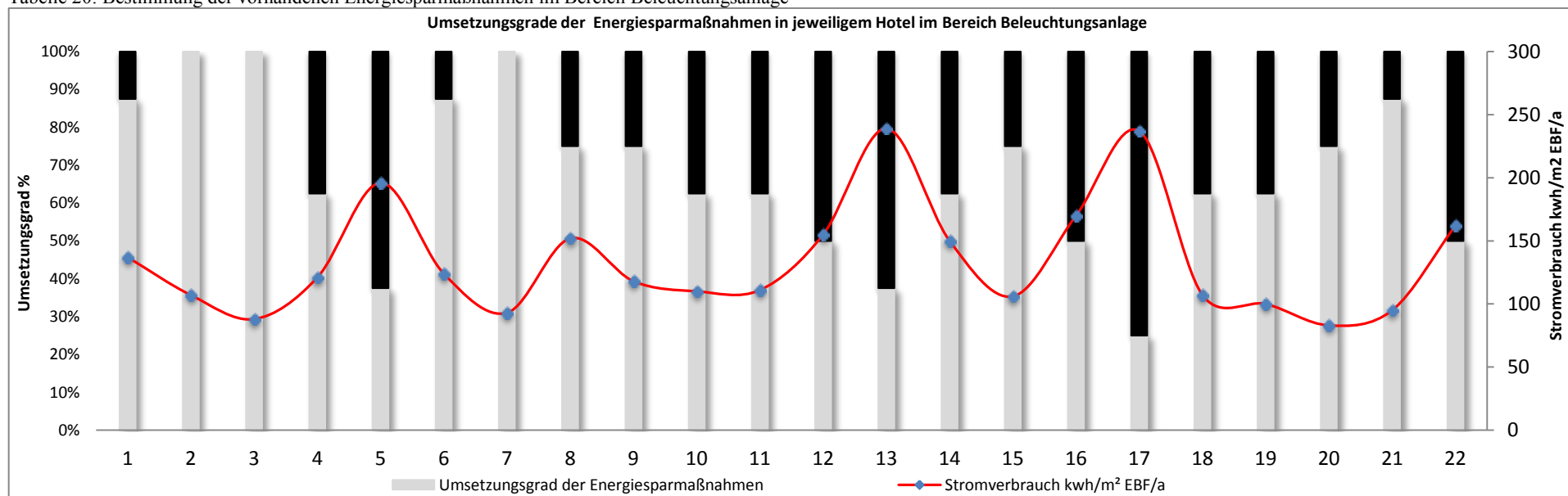
Im Folgenden wird der Umsetzungsgrad der oben genannten Energiesparmaßnahmen bei jeweiligem erforschtem Hotel ausgewertet und mittels des folgenden Balkendiagramms dargestellt (Tab. 20) (Abb. 25).

---

<sup>79</sup> (Dyas, 2013, S. 81)

Energiesparmaßnahmen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
<b>Beleuchtung:</b>																						
LEDs	x	x	x	o	x	x	x	x	o	x	x	x	x	x	x	x	o	x	o	x	x	x
Energiesparlampen	x	x	x	x	x	x	x	o	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Keine herkömmliche Glühlampen	o	x	x	o	o	x	x	o	x	o	x	o	o	o	o	x	o	o	x	o	x	o
Präsenzmelder	x	x	x	o	o	x	x	x	x	x	o	o	o	o	x	o	o	o	x	x	o	x
Helligkeitsschalter	x	x	x	x	o	o	x	x	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	x	o
Nachts-Absenkung der Lichtintensität	x	x	x	x	o	x	x	x	x	x	o	o	o	x	x	o	x	x	x	x	x	o
Dämmerungsschalter-Außenbeleuchtung	x	x	x	x	o	x	x	x	x	x	x	x	o	x	x	x	o	x	o	x	x	o
Vorschaltgeräte	x	x	x	x	x	x	x	x	x	o	x	x	x	x	x	o	o	x	x	x	x	x
<b>(x) Vorhanden (o) nicht Vorhanden</b>																						

Tabelle 20: Bestimmung der vorhandenen Energiesparmaßnahmen im Bereich Beleuchtungsanlage



Hotel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Baujahr	2007	1992	1995	1966	1988	1996	2005	1994	1986	1990	1993	1938	1993	1992	1984	1993	1970	1993	1972	1972	1971	1993
Stromverbrauch kwh/m2 EBF/a	137	107	88	121	196	124	93	152	118	110	111	155	239	150	106	170	237	107	100	83	95	162
Umsetzungsgrad %	88%	100%	100%	63%	38%	88%	100%	75%	75%	63%	63%	50%	38%	63%	75%	50%	25%	63%	63%	75%	88%	50%

Abbildung 25: Umsetzungsgrad der Energiesparmaßnahmen im jeweiligen Hotel im Bereich Beleuchtungsanlage

### 3-3- Beurteilung der Durchführung der Energiesparmaßnahmen im Bereich Beleuchtungsanlage

Durch die Daten wird ersichtlich, dass die meisten Hotels hohe Verhältnisse bei der Umsetzung der Energiesparmaßnahmen im Bereich Beleuchtungsanlage aufweisen. Dabei liegt die Anzahl der Hotels mit einem Umsetzungsgrad über 50% bis zu 100% bei 16 mit einem Anteil in Höhe von 73% der gesamten untersuchten Hotels. Im Gegensatz zeigen lediglich 3 Hotels einen Umsetzungsgrad von 50% und 3 Hotels unter 50% (Abb. 26). Des Weiteren ist darauf hinzuweisen, dass der Umsetzungsgrad der Energiesparmaßnahmen im Bereich Beleuchtungsanlage einen Einfluss auf den Stromverbrauch bei den meisten untersuchten Hotels aufzeigt.

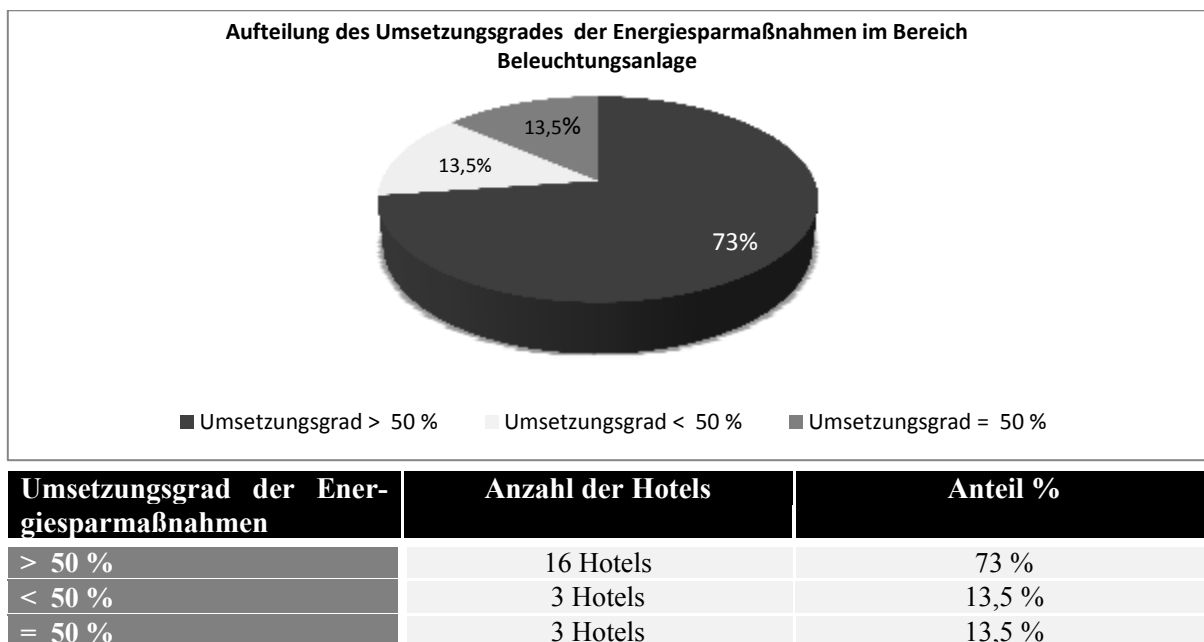


Abbildung 26: Aufteilung des Umsetzungsgrades der Energiesparmaßnahmen im Bereich Beleuchtungsanlage

#### 2.3.2.2.1. Beurteilung der Durchführung der Energiesparmaßnahmen in der gesamten Gebäudetechnik

Der abschließende Blick auf die Durchführung der Energiesparmaßnahmen in der gesamten Gebäudetechnik gibt Aufschluss darüber, dass der Umsetzungsgrad der Energiesparmaßnahmen in den untersuchten Hotels höhere Verhältnisse in den Bereichen Wärmeversorgungssystem und Beleuchtungsanlage gegenüber dem Bereich Lüftungs- und Klimaanlage aufweist. Der durchschnittliche Anteil der Umsetzung im Bereich Wärmeversorgungssystem liegt bei 72% und Beleuchtungsanlage bei 68%, während im Bereich Lüftungs- und Klimaanlage lediglich 33% festzustellen sind (Abb. 27). Neben der Beurteilung des Umsetzungsgrades der Energiesparmaßnahmen in den erforschten Hotels wird ebenso der Umsetzungsgrad der EnEV bei den erfassten Hotels bewertet. Die Bestimmung des Umsetzungsgrades der EnEV im jeweiligen Bereich der Gebäudetechnik erfolgt auf die gleiche Weise wie bei der Analyse der empirischen Untersuchung (also wie bei Tabellen 16,18 und 20). Dabei wird die Umsetzung von EnEV-Anforderungen in den Hotels bewertet und somit der Umsetzungsgrad ermittelt. Dieser Prozess wurde separat durchgeführt und die Ergebnisse sind anhand der folgenden

Abbildung zu ermitteln (Abb.27). Dabei ist hier auch gleichermaßen festzustellen, dass der Umsetzungsgrad der EnEV-Anforderungen bei den erforschten Hotels höhere Verhältnisse in den Bereichen Wärmeversorgungssystem und Beleuchtungsanlage im Vergleich zu dem Bereich Lüftungs- und Klimaanlage aufzeigen.

Aus dem Vorangegangenen ist schließlich zu schlussfolgern, dass die Hotels offensichtlich mehr Wert auf die Optimierung und Modernisierung in Bereichen Wärmeversorgungssystem und Beleuchtungsanlage zur Steigerung der Energieeffizienz legen.

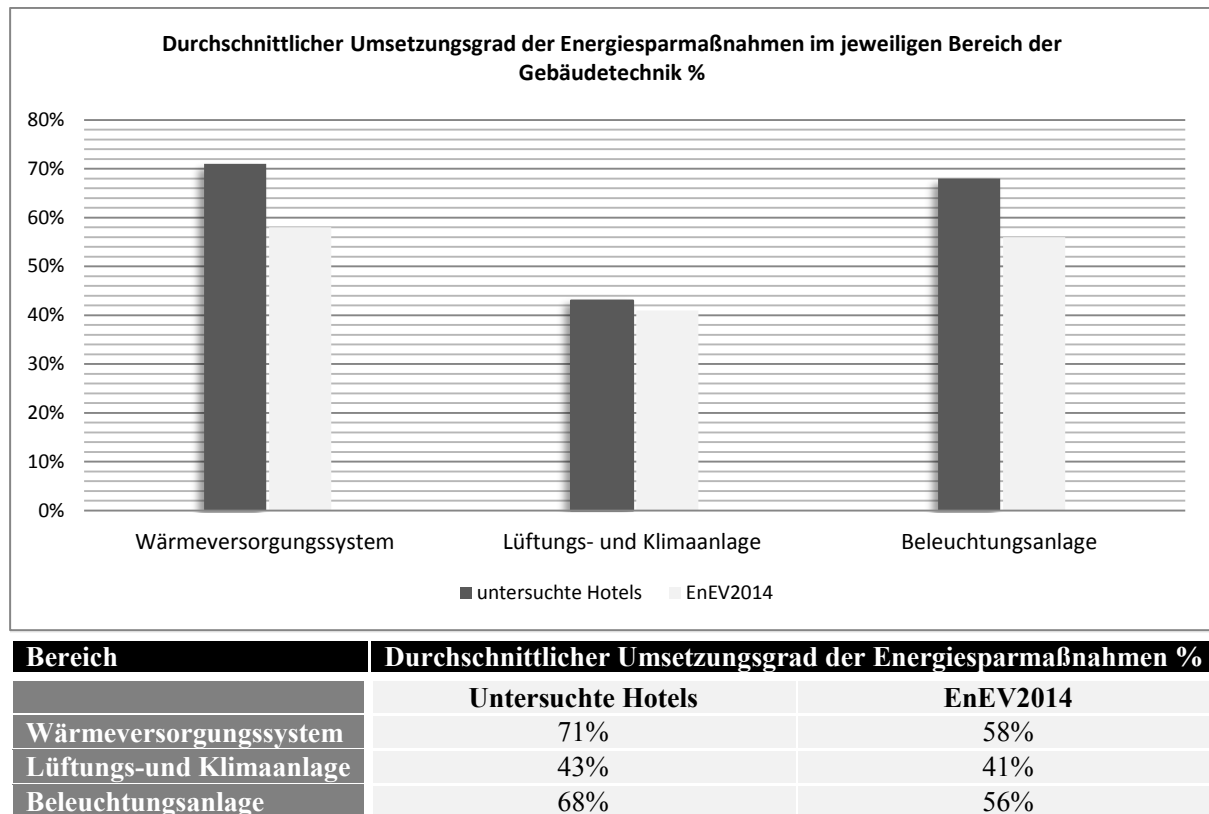
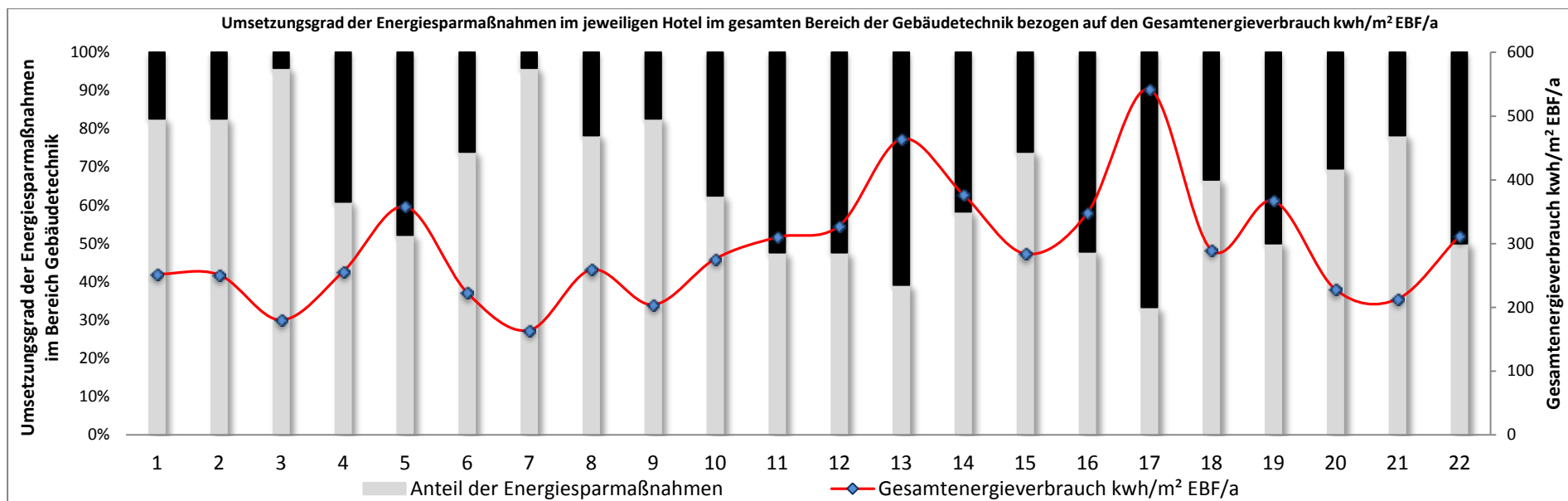


Abbildung 27: durchschnittlicher Umsetzungsgrad der Energiesparmaßnahmen im jeweiligen Bereich der Gebäudetechnik

#### **2.3.2.2.2. Auswertung des Einflusses von den durchgeführten Energiesparmaßnahmen im gesamten Bereich der Gebäudetechnik auf die Senkung des Energieverbrauchs**

Um den Einfluss der erfassten Energiesparmaßnahmen im Bereich Gebäudetechnik auf die Verringerung des Energieverbrauchs überprüfen zu können, wird zunächst der Umsetzungsgrad der Energiesparmaßnahmen in der gesamten Gebäudetechnik im jeweiligen erforschten Hotel bestimmt und in Relation mit dem gesamten Energieverbrauch  $\text{kWh/m}^2 \text{ EBF/a}$  gesetzt. Dies dient zur Folge dazu, die durchgeführten Energiesparmaßnahmen mit dem Energieverbrauch zu vergleichen und somit deren Einfluss auf den Energieverbrauch auszuwerten (Abb. 28).



Hotel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Baujahr	2007	1992	1995	1966	1988	1996	2005	1994	1986	1990	1993	1938	1993	1992	1984	1993	1970	1993	1972	1972	1971	1993
Gesamtenergieverbrauch kwh/m <sup>2</sup> EBF/a	252	251	180	256	358	223	164	259	204	276	310	328	464	377	284	348	542	290	367	228	213	312
Umsetzungsgrad der Energiesparmaßnahmen	83%	83%	96%	61%	52%	74%	96%	78%	83%	63%	48%	48%	39%	58%	74%	48%	33%	67%	50%	70%	78%	50%

Abbildung 28: Umsetzungsgrad der Energiesparmaßnahmen im jeweiligen Hotel im gesamten Bereich der Gebäudetechnik bezogen auf den GEB/m<sup>2</sup> EBF/a

### Ergebnis der Auswertung

Die Ergebnisse aus den erhobenen Daten zeigen ausführlich, dass der Umsetzungsgrad der Energiesparmaßnahmen im Bereich Gebäudetechnik dem Energieverbrauch der Hotels zum Großteil entspricht. Dabei zeigen die Hotels mit niedrigem Umsetzungsgrad von Energiesparmaßnahmen einen höheren Energieverbrauch GEB/m<sup>2</sup> EBF/a gegenüber den Hotels, die einen hohen Umsetzungsgrad von Energiesparmaßnahmen aufweisen. Dies lässt die Schlussfolgerung zu, dass die in den untersuchten Hotels durchgeführten Energiesparmaßnahmen im Bereich Gebäudetechnik einen wirksamen Einfluss auf die Verringerung des Energieverbrauchs haben. Schließlich ist wiederum festzustellen, dass die Optimierung der Gebäudetechnik einen bedeutenden Aspekt bezüglich der Energieeffizienz darstellt, welche zu berücksichtigen ist.

### **2.3.2.3. Auswertung der Daten im Bereich Gebäudehülle**

#### **Methodik**

Die Gebäudehülle ist neben Gebäudetechnik ein weiterer Einflussfaktor auf die Energieeffizienz bei Hotels, und sollte somit ebenfalls nicht außer Acht gelassen werden. Die vorliegende empirische Untersuchung beschäftigt sich daher weiterführend mit dem Thema Gebäudehülle und ihrer Komponenten. Dabei werden wie schon zuvor die Hoteldaten in diesem Bereich erfasst und ausgewertet. Die Auswertung unterteilt sich in zwei Ebenen.

- Bei der ersten Ebene handelt es sich um die Beurteilung des Zustands der Gebäudehülle der Hotels. Die zu betrachtenden Bauteile gliedern sich dabei in: Außenwände, Dächer, Fußboden einschließlich Verglasungen bzw. Fenster. Die Beurteilung bezieht sich weiterhin auf die folgenden Gesichtspunkte:
  - 1- Die vorhandenen Baumaterialien
  - 2- Die vorhandenen Fenster-Arten
  - 3- Die Dämmung als Bestandteil der Gebäudehülle
    - a. Die vorhandenen Dämmungsmaterialien
    - b. Anbringung der Dämmung
    - c. Dämmungsdicke
- Die zweite Ebene der Auswertung bezieht sich auf den Einfluss der Optimierung der Gebäudehülle auf die Verringerung des Wärmeverbrauchs.

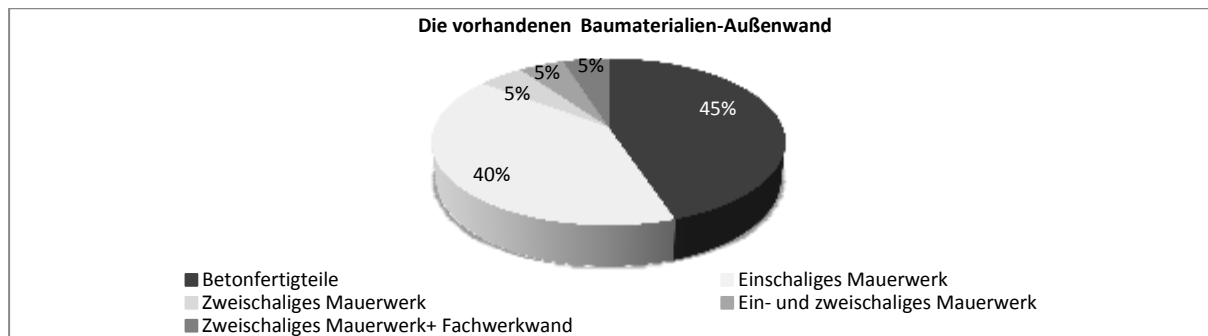
#### **1- Die vorhandenen Baumaterialien**

##### **1-1- Gebäudehülle-Außenwände**

Die Außenwände machen in der Regel die größte Fläche einer Gebäudehülle aus und sind betreffend den baulichen Wärmeschutz von wesentlicher Bedeutung. Dabei spielen die eingesetzten Baumaterialien und die Wärmedämmung eine wichtige Rolle. Die Baumaterialien der Außenwände können heutzutage verschiedene Baustoffe beinhalten.

Die überwiegend eingesetzten Baustoffe bei den untersuchten Hotels sind in drei Arten zu unterteilen: Betonfertigteile, Mauerwerk und Fachwerkwände. Unter den eingesetzten Mauerwerk-Außenwänden wird darüber hinaus zwischen einschaligem Mauerwerk, zweischaligem Mauerwerk und ein- und zweischaligem Mauerwerk unterschieden.

Die Mehrzahl der erfassten Hotels ist mit Mauerwerk im Bereich Außenwände konstruiert. Dabei beträgt die Anzahl 12 Hotels und ist nach deren Bauarten in den Hotels gemäß (Abb. 29) anzuordnen. Ferner kommen die Betonfertigteile bei den Rest der Hotels als Haupt-Baustoff im Einsatz, die Anzahl beträgt dabei 10 Hotels.

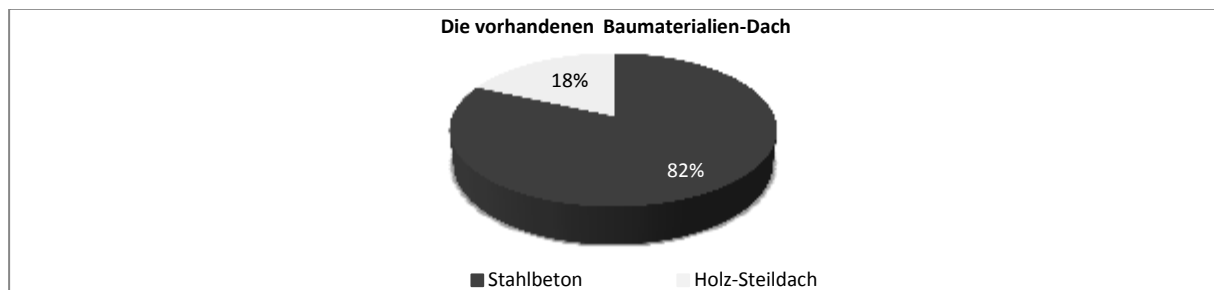


Bestandteil	Baumaterialien	Anteil %
Außenwände	Betonfertigteile: 10 Hotels	45 %
	Einschaliges Mauerwerk: 9 Hotels	40 %
	Zweischaliges Mauerwerk: 1 Hotels	5 %
	Ein- und zweischaliges Mauerwerk: 1 Hotels	5 %
	Zweischaliges Mauerwerk+ Fachwerkwand: 1 Hotels	5 %

Abbildung 29: Die vorhandenen Baumaterialien im Bereich Außenwände

### 1-2- Gebäudehülle-Dächer

Die Dächer bilden einen fundamentalen Bestandteil einer Gebäudehülle und können zum Schutz des Gebäudes insbesondere bei abweichenden klimatischen Bedingungen einen guten Beitrag leisten. In Bezug auf die Baumaterialien im Bereich Dächer ist durch die erfassten Daten abzuleiten, dass sich die vorhandenen Dächer der untersuchten Hotels auf zwei Bauarten eingrenzen lassen: Stahlbeton-Dächer und Holz-Steildächer. Die Mehrheit der untersuchten Hotels ist mit Stahlbeton-Dächern gedeckt. Die Anzahl liegt bei 18 Hotels, was 82% der Hotels beträgt, während lediglich 4 Hotels mit Holz-Steildächern ausgestattet sind (Abb.30).

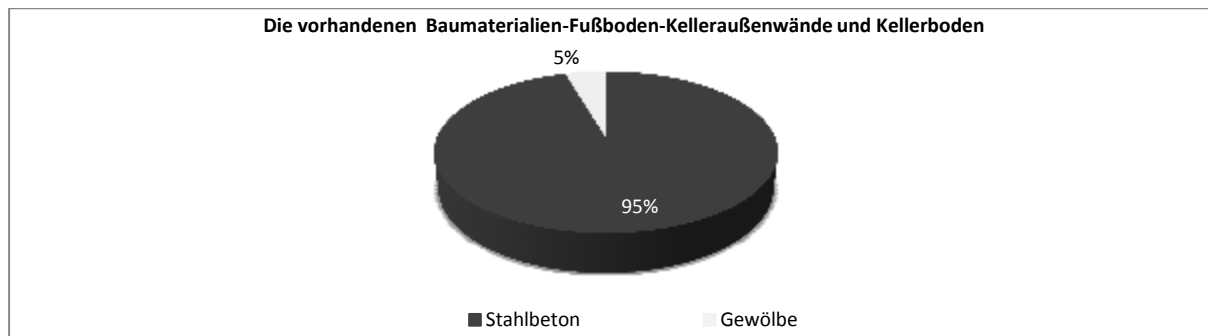


Bestandteil	Baumaterialien	Anteil %
Dach	Stahlbeton: 18 Hotels	82 %
	Holz-Steildach: 4 Hotels	18 %

Abbildung 30: Die vorhandenen Baumaterialien im Bereich Dächer

### 1-3- Gebäudehülle-Fußboden und Kellerbereich

Die Datenerhebung im Bereich Keller macht deutlich, dass die meisten erforschten Hotels über Kellerbereiche verfügen, welche aus beheizten als auch unbeheizten Räumen bestehen. Im Rahmen des Wärmeschutzes bilden die eingesetzten Baumaterialien und die Wärmedämmung vor allem beim Fußboden zu unbeheizten Kellerbereichen als auch bei Außenwänden und Boden der Keller in beheizten Bereichen einen wichtigen Aspekt. Die Daten zeigen auf, dass bei fast allen erforschten Hotels (21 Hotels) der Fußboden aus Stahlbeton aufgebaut ist. Eine ähnliche Aussage ist im Bereich Kelleraußenwände und Kellerboden zu treffen (Abb. 31).



Bestandteil	Baumaterialien	Anteil %
Fußboden, Kelleraußenwände und Kellerboden	Stahlbeton: 21 Hotels	95 %
	Gewölbe (Kellerwände- und Decke): 1 Hotels	5 %

Abbildung 31: Die vorhandenen Baumaterialien in Bereichen Fußboden, Kelleraußenwände und Kellerboden

## 2- Die vorhandenen Fenster-Arten

Die Fenster stellen weitere wesentliche Komponenten im Bereich Gebäudehülle dar und sind in Hinsicht auf den baulichen Wärmeschutz besonders zu berücksichtigen. Der Grund dafür ist schließlich auf die Wärmeleitfähigkeit der Fenster zurückzuführen. Die Wärmeleitfähigkeit der Fenster ist gegenüber anderen Bauteilen wie Außenwände und Dächer deutlich höher. Selbst wenn die Fenster gut gegen Wärmeverluste ausgestattet sind, sind sie immer noch die größten Schwachpunkte bei der Entstehung von Wärmebrücken.<sup>80</sup> Zur Steigerung der energetischen Qualität der Fenster zählen verschiedene Kriterien, welche sind: die Art der Fenster, Rahmenmaterialien, die Dichtung und der U-Wert der Fenster. Unter dem U-Wert wird verstanden „das Maß für den Wärmedurchgang eines 1 m<sup>2</sup> großen Bauteils. Er gibt an, wie viel Wärmeenergie (Watt) bei einem Kelvin Temperaturunterschied (K) - das entspricht 1 °C - aus dem Gebäude nach außen fließt. Angegeben wird der U-Wert in Watt pro Quadratmeter und Kelvin (W/m<sup>2</sup> K) – Je kleiner der U-Wert, desto besser die Verglasung“.<sup>81</sup>

Die eingesetzten Fenster bei den untersuchten Hotels belaufen sich meist auf drei Arten, welche umfassen: 2-Scheiben-Isolierglas, 2-Scheiben-Wärmeschutzglas und Verbundfenster-2-Scheiben (Isolierglas).

- 2-Scheiben-Isolierglas ist mit 2 Glasscheiben ausgestattet. Die Glasscheiben werden über einen Aluminium-Randverbund miteinander befestigt. Sie reduzieren die Wärmeverluste gegenüber einem einfach verglasten Fenster fast um ca.50%. Sein Ug-Wert liegt zwischen 2.9 und 3.1 W/(m<sup>2</sup>K).
- 2-Scheiben-Wärmeschutzglas ähnelt dem 2-Scheiben-Isolierglas in Bezug auf Gewicht, Aufbau und Abmessungen, jedoch hat es eine bessere Dämmwirkung. Es ist im Vergleich zum 2- Scheiben- Isolierglas bis zu 50-60 % optimaler, seine Ug-Werte liegen zwischen 1.1 und 1.9 W/(m<sup>2</sup>K).<sup>82</sup>
- Die Verbundfenster-2-Scheiben sind in der Regel mit zwei Flügeln (Innen- und Außenflügel) ausgestattet, die durch eine gemeinsame Drehachse in Verbindung stehen. Der Luftraum zwischen den Fenster-Flügeln weist im Regelfall einen

<sup>80</sup> Vgl. (Königstein, 2009, S. 73)

<sup>81</sup> (Metzger, 2013, S. 155)

<sup>82</sup> Vgl. (Königstein, 2009, S. 75)



Abstand in Höhe von 40 bis 70 cm.<sup>83</sup> Der U-Wert der Verbundfenster-2-Scheiben liegt überwiegend bei 2,7 W/(m<sup>2</sup>K).<sup>84</sup>

Auf Grundlage der erfassten Hoteldaten bezüglich der eingesetzten Fenster ist schließlich festzustellen, dass die meisten untersuchten Hotels (15 Hotels) überwiegend über 2-Scheiben-Isolierglas verfügen. Das 2-Scheiben-Wärmeschutzglas kommt bei 5 Hotels zum Einsatz und die Verbundfenster-2-Scheiben (Isolierglas) wurde nur bei 2 Hotels als überwiegend vorhandene Art verbaut (Abb.32).

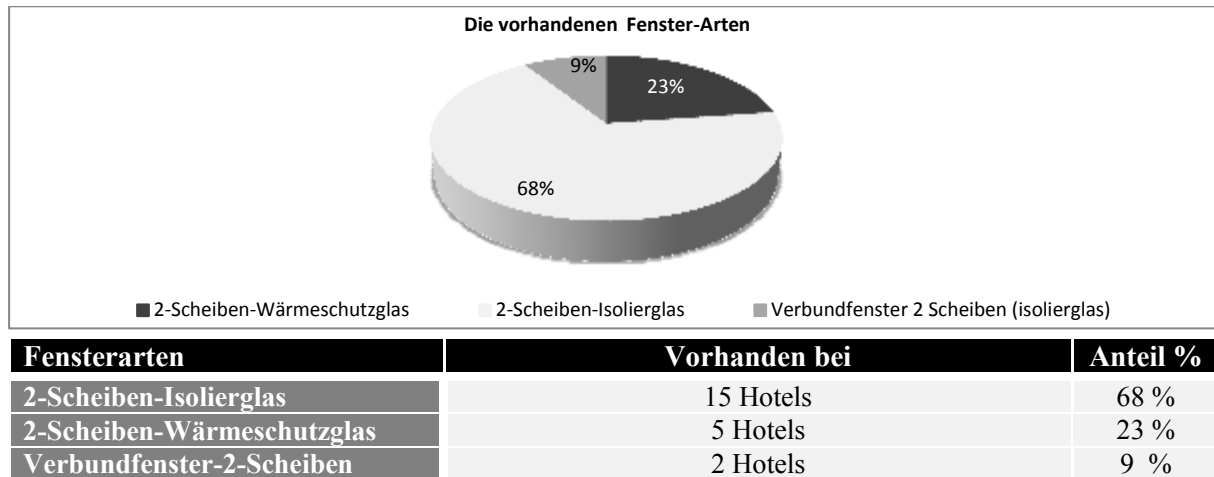


Abbildung 32: Die vorhandenen Fenster-Arten

Die U-Werte der Fenster sind ein weiterer wichtiger Aspekt, der zur Bestimmung der energetischen Qualität der Fenster eine bedeutende Rolle spielt. In den untersuchten Hotels zeigen die vorhandenen Fenster abweichende U-Werte auf. Dabei variieren die U-Werte zwischen 1,1 und 3,1 W/(m<sup>2</sup>K). In diesem Zusammenhang ist weiterhin festzustellen, dass die Fenster mit einem U-Wert in Höhe von 2,7 W/(m<sup>2</sup>K) die am meisten eingesetzte Art der Hotels darstellen (Abb.33).

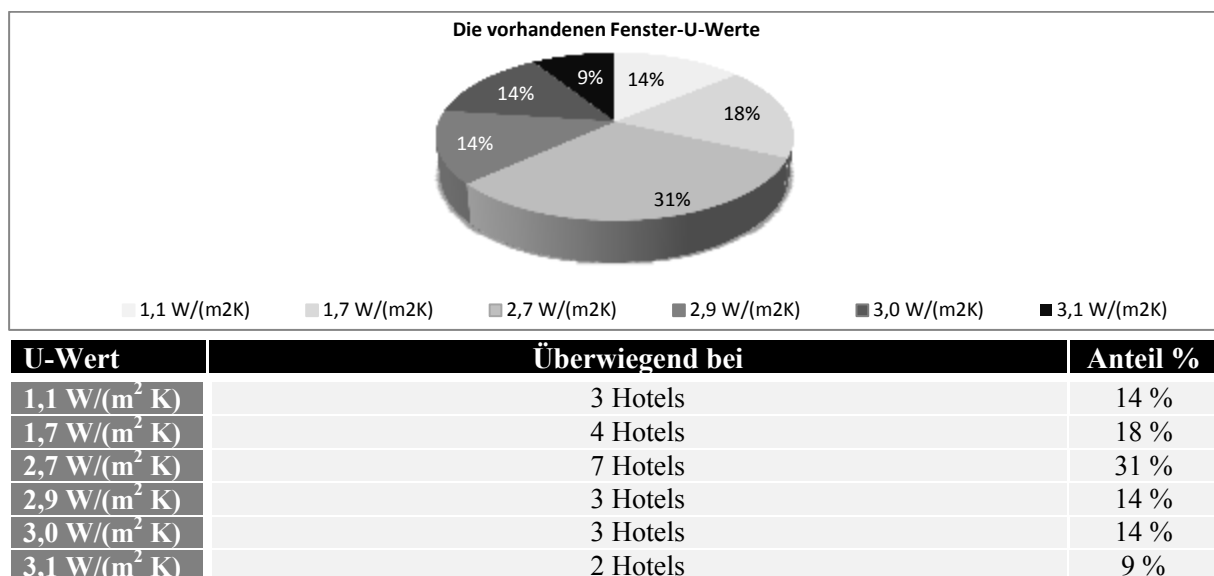


Abbildung 33: Die vorhandenen Fenster-U-Werte

<sup>83</sup> Vgl. (Bernhard Weller, 2012, S. 82)

<sup>84</sup> Vgl. (Volland, 2014, S. 49)

### 3- Die Dämmung als Bestandteil der Gebäudehülle

In Anbetracht der energetischen Qualität der Gebäudehülle bildet die Dämmung einen besonders beträchtlichen Anteil, welchen im Wesentlichen ausmacht, Wärmebrücken bzw. Wärmeverluste über die Gebäudehülle zu vermeiden. „Je nach Flächenanteil können sie den Wärmeverlust über die Fassade um rund 85 % reduzieren“.<sup>85</sup> Ausgehend von der Bedeutung der Wärmedämmung zur Steigerung der energetischen Qualität der Gebäudehülle wurde durch die empirische Untersuchung darauf abgezielt, Daten über die eingesetzte Dämmung in verschiedensten Bauteile der Gebäudehülle zu erfassen und auszuwerten. Betrachtet wird dabei: Die vorhandenen Dämmstoffe, Anbringung der Dämmung und Dämmdicke. Heutzutage findet sich auf dem Markt eine große Anzahl von Dämmstoffen, welche in verschiedenen Bereichen der Gebäudehülle zum Einsatz kommen können. Die überwiegend vorhandenen Dämmstoffe der Hotels gliedern sich grundlegend in drei Arten: Styropor, Mineralwolle und Dämmschüttung. Das Styropor stellt dabei den weitgehend eingesetzten Dämmstoff der Hotels dar (Tab. 21).

Bauteil	Vorhandene Dämmstoffe	Anteil %
Außenwände	Styropor: 14 Hotels	67 %
	Mineralwolle: 7 Hotels	33 %
Dächer	Styropor: 14 Hotels	63 %
	Mineralwolle: 7 Hotels	32 %
	Dämmschüttung: 1 Hotels	5 %
Fußboden	Styropor: 16 Hotels	76 %
	Mineralwolle: 3 Hotels	14 %
	Dämmschüttung: 2 Hotels	10 %

Tabelle 21: Die vorhandenen Dämmstoffe

Bezüglich der Anbringung der Dämmung wird zwischen drei Arten unterschieden: außenseitige Dämmung, Kerndämmung und raumseitige Dämmung. Diese sind entsprechend der Bauteile der Gebäudehülle wie folgt anzuordnen: Außenwände: Außendämmung, Kerndämmung und Innendämmung; Dächer: Aufsparrendämmung, Zwischensparrendämmung und Untersparrendämmung; Fußboden: Oberseitig und Unterseitig

#### I. Dämmung im Bereich Außenwände

**Die Außendämmung** bezieht sich auf die Anbringung der Dämmung an der Außenseite der Außenwände und kann in zwei Arten angeordnet werden: das Wärmedämmverbundsystem (WDVS)<sup>86</sup> und die vorgehängte hinterlüftete Fassade (VHF).<sup>87</sup> **Die Kerndämmung** eignet sich in der Regel für eine zwei schalige Bauweise. Grundsätzlich wird zwischen drei Schichten bei dieser Bauweise unterschieden: 18-25 cm innere Mauer, 15-25 cm Kerndämmung und 8-12 cm Vormauer. Die eingesetzte Dämmung bei diesem System kann sich um Schüttungen wie Dämbahnen und -Platten handeln.<sup>88</sup> **Die Innendämmung** wird in der Regel bei Gebäu-

<sup>85</sup> (Hans Jürgen Krokiewicz, 2009, S. 142)

<sup>86</sup> Vgl. (Königstein, 2009, S. 45-48): Das Wärmedämmverbundsystem (WDVS) besteht in der Regel aus Dämmplatten, Armierungsgewebe und Außenputz und ist sowohl für Neubauten als auch Altbauten umsetzbar. Eine bemerkenswerte Eigenschaft des Wärmedämmverbundsystems ist seine Dauerhaftigkeit und Wirtschaftlichkeit.

<sup>87</sup> Vgl. (Königstein, 2009, S. 48,49): Die vorgehängte hinterlüftete Fassade VHF umfasst gegenüber dem WDVS eine Außenverkleidung (Fassadenelemente), Hinterlüftung, Unterkonstruktion mit Befestigungsmitteln und Dämmung.

<sup>88</sup> Vgl. (Königstein, 2009, S. 44,45)

den durchgeführt, deren Außenfassade erhalten werden soll, zum Beispiel bei denkmalgeschützten Gebäuden. Diese Dämmungsart hat jedoch den Nachteil, dass sich die Außenhülle bei hoher Außentemperatur schnell erhitzt und bei niedriger Außentemperatur stark abgekühlt. Ein weiteres Problem der Innendämmung liegt daran, dass sich der Taupunkt innerhalb der Außenwand verschiebt, folglich und wegen der Kondensation in der Konstruktion können Schimmel und Bauschäden im Gebäude auftauchen.<sup>89</sup>

Alles in Allem weist jedes einzelne Dämmsystem bestimmte Merkmale, Vorteile und Nachteile, die im Rahmen der Energetischen Qualität der Gebäudehülle berücksichtigt werden sollten. Allerdings wird die Anbringung der Dämmsysteme bezüglich der Wirksamkeit zur Steigerung des baulichen Wärmeschutzes bei Außenwänden in der folgenden Reihenfolge empfohlen: (1) Außendämmung, (2) Kerndämmung und (3) Innendämmung.<sup>90</sup> Die wichtigsten Vorteile der Außendämmung umfassen: *„große Dämmstärken möglichst, keine Wärmebrücken, für Neubau und Modernisierung, guter Sommerlicher Wärmeschutz, gewisse Speicherefähigkeit, kostengünstiges System Thermohaut“*.<sup>91</sup>

## **II. Dämmung im Bereich Dächer**

Im Bereich Dächern wird zwischen Aufsparrendämmung, Zwischensparrendämmung und Untersparrendämmung unterschieden. Angesichts der Verbesserung der energetischen Qualität der Gebäudehülle bildet die Aufsparrendämmung eine vorrangige Variante. Eines der wichtigsten Merkmale der Aufsparrendämmung besteht darin, dass die Dämmung durchgehend auf das Dach angebracht wird, welche dazu dient, die energetischen Schwachstellen im Dachbereich effektiver zu vermeiden und somit die Entstehung von Wärmebrücken zu verhindern.<sup>92</sup>

## **III. Dämmung im Kellerbereich**

Im Kellerbereich ist betreffend der beheizten Fläche zwischen zwei Varianten von Kellerbereichen zu unterscheiden: unbeheizter und beheizter Kellerbereich. Für die Dämmung eines unbeheizten Kellers gibt es die Möglichkeit, die Wärmedämmung im Kaltbereich oder im Warmbereich anzubringen. Bei der Dämmung im Kaltbereich handelt es sich um die Anbringung der Dämmung an die Unterseite der Kellerdecke. Der Aufwand dieses Prozesses variiert ja nachdem, wie komplex die im Keller installierten Heizleitungen, Wasser- und Abwasserleitungen und Verkabelung sind. Im Gegenzug bezieht sich die Dämmung im Warmbereich auf die Anbringung der Dämmung an der Außenseite der Fußböden des Erdgeschossbereiches. Für die Dämmung eines beheizten Kellers können ebenso zwei Varianten zum Einsatz kommen: Außendämmung und Innendämmung für die Kelleraußenwände und Böden. Die Anbringung der Dämmung an der Außenseite der Kellerwände ist jedoch bauphysikalisch der Innendämmung überlegen, da der Keller dadurch besser isoliert wird.<sup>93</sup>

Abschließend ist festzustellen, dass die außenseitige Anbringung der Dämmung gegenüber den anderen erwähnten Anbringungsbereichen bezüglich der Optimierung der energetischen

---

<sup>89</sup> Vgl. (Joos, 2004, S. 88)

<sup>90</sup> Vgl. (Königstein, 2009, S. 45,50)

<sup>91</sup> (Königstein, 2009, S. 45)

<sup>92</sup> Vgl. (Königstein, 2009, S. 55)

<sup>93</sup> Vgl. (Stefan Onischke, 2008, S. 193-195)

Qualität der Gebäudehülle zu bevorzugen ist. Im Rahmen des Einsatzbereiches der Dämmung bei den erforschten Hotels ist schließlich festzulegen, dass die außenseitige Anbringung der Dämmung die am häufigsten eingesetzte Variante der untersuchten Hotels darstellt (Tab. 22).

Bauteil	Anbringung der Dämmstoffe	Anteil %
Außenwände	Außendämmung: 17 Hotels	81 %
	Kerndämmung: 4 Hotels	19 %
Dächer	Aufsparrendämmung: 15 Hotels	68 %
	Untersparrendämmung: 7 Hotels	32 %
Fußboden zum kalten Kellerbereich	Oberseitig: 17 Hotels	81 %
	Unterseitig: 4 Hotels	19 %
Außenwände und Boden in beheizten Kellerbereich	Außendämmung: 16 Hotels	76 %
	Innendämmung: 5 Hotels	24 %

Tabelle 22: Anbringung der Dämmstoffe

Neben der Bestimmung der Dämmungsarten und der Anbringungsvarianten der Dämmung werden zusätzlich die vorhandenen Dämmungsdicken in Betracht gezogen. Die erfassten Daten zeigen, dass die Hotels mit unterschiedlichen Dämmungsdicken ausgestattet sind. Dabei weisen die in den Bereichen Außenwände und Dächer angebrachte Dämmungsschichten abweichende Stärken von 8 bis 20 cm auf. Die Dämmungsdicken im Bereich Fußboden und Kellerwände besitzen geringere Werte und liegen bei 4 bis 10 cm (Tab. 23).

Bauteil	Dämmungsdicke	Durchschnitt
Außenwände	8 – 20 cm	14 cm
Dächer	8 – 20 cm	14 cm
Fußboden-Kellerwände	4 – 10 cm	7 cm

Tabelle 23: Die eingesetzten Dämmungsdicken im jeweiligen Bereich der Gebäudehülle

### 2.3.2.3.1. Auswertung des Einflusses von der Optimierung der Gebäudehülle auf die Senkung des Wärmeverbrauchs

Im Rahmen der Optimierung der energetischen Qualität der Gebäudehülle stellen die eingesetzte Wärmedämmung bezüglich der Stärke und Anbringungsbereich einschließlich der Fensterarten und deren U-Werte wesentliche Kriterien dar, welche zu berücksichtigen sind. Zur Beurteilung des Einflusses dieser Kriterien auf die Senkung des Wärmeverbrauchs der untersuchten Hotels werden zur Folge die folgenden Auswertungsprozesse durchgeführt.

- Auswertung des Einflusses der vorhandenen Dämmung auf den Wärmeverbrauch
- Auswertung des Einflusses der eingesetzten Fenster-U-Werte auf den Wärmeverbrauch.

Zur Auswertung der vorhandenen Dämmung wird in erster Linie die Dämmungsdicke berücksichtigt. Dabei werden die eingesetzten Dämmungsdicken bei jeweiligem Hotel mit dem Wärmeverbrauch in Beziehung gesetzt und deren Einfluss auf den Wärmeverbrauch beurteilt. Neben den Dämmungsdicken wird darüber hinaus die Anbringung der Dämmung der Hotels bezogen auf den Wärmeverbrauch ebenso in Erwägung gezogen (Abb. 34). Weiterhin werden in der zweiten Ebene die Fenster-U-Werte der erforschten Hotels mit dem Wärmeverbrauch in Relation gesetzt und deren Einfluss auf die Verringerung des Wärmeverbrauchs beurteilt (Abb. 35)

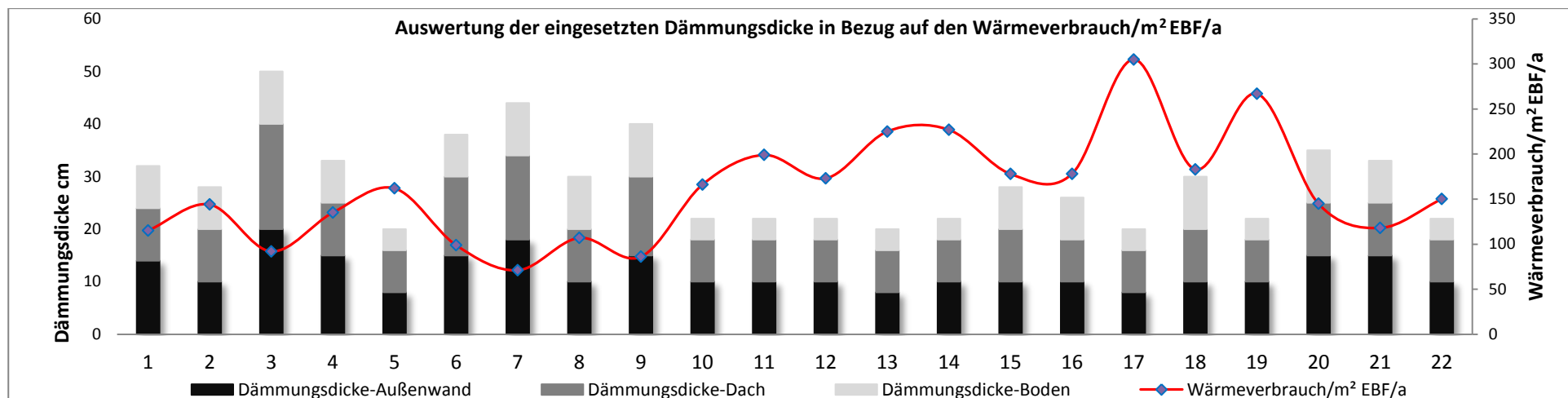
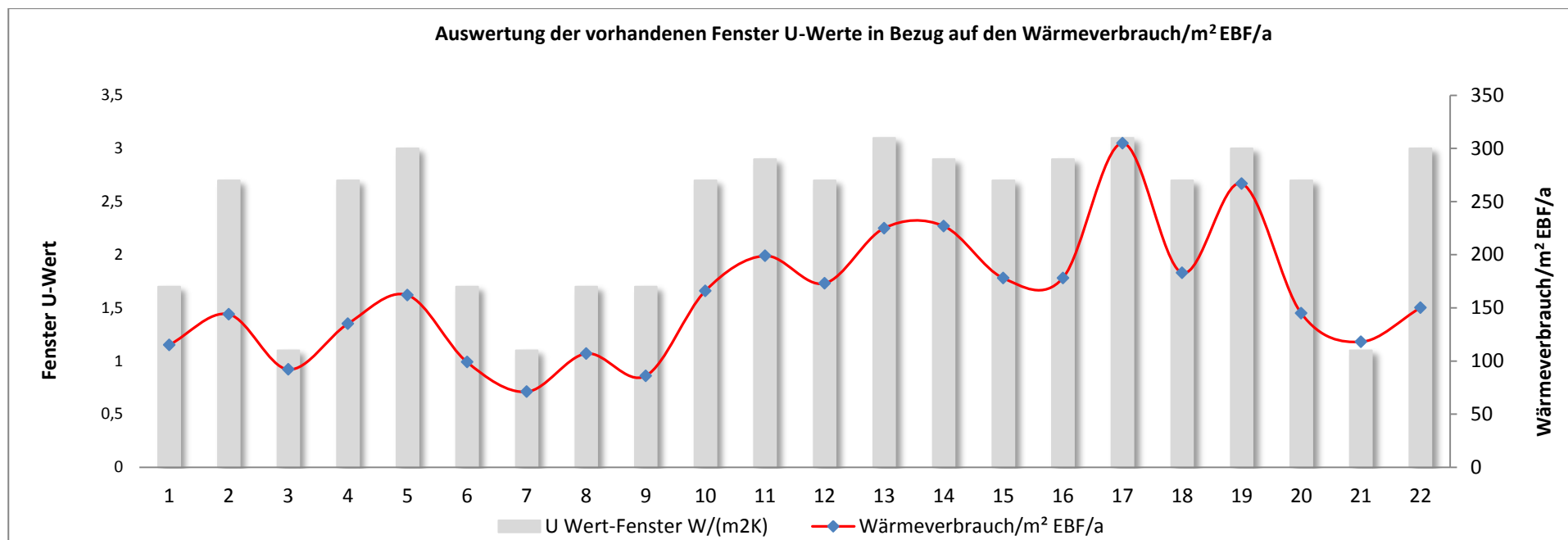


Abbildung 34: Auswertung der Dämmungsdicke in Bezug auf den Wärmeverbrauch/m<sup>2</sup> EBF/a

### **Ergebnis der Auswertung**

Die Auswertung der Daten zeigt, dass die Hotels unterschiedliche Dämmungsdicken in Bereichen Auswände, Dächer und Fußboden aufweisen. Die Abweichung der Dämmungsdicken entspricht dabei zum Großteil dem Wärmeverbrauch der Hotels. Dabei ist anzumerken, dass die Hotels mit hohen Dämmungsdicken einen geringeren Wärmeverbrauch aufzeigen, gegenüber den Hotels mit niedrigen Dämmungsdicken. In Bezug auf die Dämmungsanbringung besitzen die meisten Hotels eine außenseitige Dämmung vor allem in Bereichen Außenwände und Dächer. Jedoch ist darauf hinzuweisen, dass die Hotels, welche mit innenseitiger Dämmung insbesondere im Bereich Dächer ausgestattet sind, höheren Wärmeverbrauch gegenüber den Hotels zeigen, deren Dämmung außenseitig angebracht ist. Dies lässt abschließend folgern, dass die Dämmungsdicken und die Anbringungsbereich der Dämmung wirksame Einflussfaktoren auf die Verringerung des Wärmeverbrauchs bei den Hotels darstellen. Ferner ist wiederum festzustellen, dass die Optimierung der Gebäudehülle im Bereich Wärmedämmung einen effektiven Aspekt zur Steigerung der energetischen Qualität der Gebäudehülle ist.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Wärmeverbrauch/m <sup>2</sup> EBF/a	115	144	92	135	162	99	71	107	86	166	199	173	225	227	178	178	305	183	267	145	118	150
U Wert-Fenster W/(m2K)	1,7	2,7	1,1	2,7	3,0	1,7	1,1	1,7	1,7	2,7	2,9	2,7	3,1	2,9	2,7	2,9	3,1	2,7	3,0	2,7	1,1	3,0

Abbildung 35: Auswertung der vorhandenen Fenster U-Werte in Bezug auf den Wärmeverbrauch/m<sup>2</sup> EBF/a

### Ergebnis der Auswertung

Die Auswertung des Diagrammes zeigt auf, dass die Höhe der Fenster-U-Werte mit dem Wärmeverbrauch der Hotels zum Großteil übereinstimmt. Bemerkenswert ist, dass die Hotels mit niedrigen Fenster-U-Werten geringeren Wärmeverbrauch aufweisen, gegenüber den Hotels, deren Fenster hohe U-Werte aufzeigen. Die Optimierung der U-Werte der Fenster beeinflusst somit die energetische Qualität der Gebäudehülle bei den Hotels und führt schließlich dazu, den Wärmeverbrauch zu verringern.

## 2.4. Zusammenfassung

Die vorliegende empirische Untersuchung bildet eine Studie, welche dazu diente, die Situation in Stadthotels in Deutschland bezogen auf die Energieeffizienz zu beleuchten. Dabei wurden Daten und Zusammenhänge in verschiedenen Ebenen erfasst und ausgewertet. Die Auswertung gliederte sich in drei Punkten:

- Auswertung der Energiesituation und Energiekosten der untersuchten Hotel
- Auswertung der Hoteldaten (allgemeine Daten, Gebäudetechnik und Gebäudehülle)
- Auswertung der vorhandenen Energiesparmaßnahmen

Im Rahmen der Auswertung der Energiesituation und Energiekosten in den Hotels wurden grundsätzlich drei Aspekte in Erwägung gezogen: die Aufteilung vom Energieverbrauch und Energiekosten (Wärme, Strom), die Beurteilung des spezifischen Energie- und Warmwasserverbrauchs für jeweiliges untersuchtes Hotel als auch die Beurteilung der Energiekosten am Umsatz der Hotels. Dieser Abschnitt diente schließlich dazu, die Situation der erforschten Stadthotels hinsichtlich des Energie- und Warmwasserverbrauchs sowie auch der Energiekosten zu verdeutlichen. Der zweite Abschnitt der Auswertung behandelte die Analyse der Hoteldaten. Dabei wurden drei Aspekte betrachtet: allgemeine Hoteldaten, Stand der Technik und Stand des baulichen Wärmeschutzes. In diesem Abschnitt wurde darauf abgezielt, einen Überblick über die untersuchten Hotels hinsichtlich der erwähnten Aspekte zu schaffen. Anschließend bezieht sich der dritte Abschnitt der Auswertung auf die Beurteilung der vorhandenen Energiesparmaßnahmen in den Untersuchten Hotels in Bereichen: **Gebäudetechnik** und **Gebäudehülle**. Im Bereich Gebäudetechnik gliedert sich die Beurteilung in zwei Ebenen:

- Die Beurteilung der Durchführung von Energiesparmaßnahmen im jeweiligen Bestandteil der Gebäudetechnik.
- Die Beurteilung der Wirksamkeit der durchgeführten Maßnahmen auf die Verringerung des Energieverbrauchs.

Das Ergebnis der Beurteilung zeigte schließlich auf, dass die durchgeführten Maßnahmen im Bereich Gebäudetechnik einen deutlichen Einfluss auf die Verringerung des Energieverbrauchs der Hotels aufweisen. Infolgedessen ist festzustellen, dass die Optimierung der Gebäudetechnik eine effektive Rolle zur Steigerung der Energieeffizienz in Hotels spielt. In Bezug auf die Gebäudehülle erfolgte die Auswertung auf zwei Ebenen:

- Die Beurteilung der energetischen Qualität der Gebäudehülle bezogen auf die vorhandene Wärmdämmung. Dabei wurden grundsätzlich die Dämmungsdicke und deren Anbringung in Erwägung gezogen.
- Die Beurteilung der energetischen Qualität der Gebäudehülle bezogen auf die U-Werte der eingesetzten Fenster.

Die Beurteilung hat schließlich darauf hingewiesen, dass die Optimierung der Gebäudehülle hinsichtlich der erwähnten Aspekte (Wärmedämmung und Fenster-U-Wert) einen wirksamen Einfluss auf die Verringerung des Wärmeverbrauchs aufzeigt. Zur Folge ist festzustellen, dass die Optimierung der energetischen Qualität der Gebäudehülle einen bedeutenden Aspekt im Rahmen der Steigerung der Energieeffizienz bei Hotels darstellt.

Anschließend ist durch die Auswertung der erhobenen Daten festzustellen, dass die Gebäudetechnik und die Gebäudehülle zwei wesentliche Bestandteile eines Hotels darstellen, die eine bedeutende Rolle in Hinsicht auf die Steigerung der Energieeffizienz spielen können. Dieses Ergebnis führt uns jedoch zu weiteren Fragestellungen, die mittels der empirischen Untersuchung nicht definiert werden konnten, welche letztendlich wie folgt zu erläutern sind:

- Die Wirksamkeit der Optimierung vom jeweiligen Bereich auf die Steigerung der Energieeffizienz - Gebäudetechnik versus Gebäudehülle –. Dabei handelt es sich um die folgende Fragestellung: Welcher Bereich weist den effektiveren Einfluss auf die Steigerung der Energieeffizienz bei Hotels auf?
- Die Vorteilhaftigkeit der Investition im jeweiligen Bereich - Gebäudetechnik versus Gebäudehülle. Dabei bezieht es sich auf die Frage: In welchem Bereich ist die Investition zur Optimierung der Energieeffizienz vorteilhafter?

Die oben genannten Fragestellungen bilden schließlich die Grundlage für eine weitere Studie im Rahmen der vorliegenden Arbeit. Die Studie setzt sich mit einer qualitativen und quantitativen Analyse bezogen auf die gestellten Fragen zusammen und sollte schließlich dazu dienen, die vorhandenen Fragestellungen zu klären.



## ***Kapitel III***

***Gebäudehülle versus Gebäudetechnik: energetische Untersuchung zur Beurteilung der Energiesparpotenziale in Bereichen der Gebäudehülle und Gebäudetechnik der Hotel - Studie auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen.***

- *Zielsetzung der energetischen Untersuchung*
- *Methodik*
- *Definition der untersuchten Hotelvarianten*
- *Aufbau des Ausführungsmodells der Hotelvarianten*
- *Das Energieberechnungsprogramm*
- *Ausführung der energetischen Berechnung*
- *Ergebnisse der Untersuchung*
- *Zusammenfassung der Ergebnisse*

### ***3. Gebäudehülle versus Gebäudetechnik: energetische Untersuchung zur Beurteilung der Energiesparpotenziale in Bereichen der Gebäudehülle und Gebäudetechnik der Hotel - Studie auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen.***

Die im zweiten Kapitel durchgeführte empirische Untersuchung der Stadthotels in Deutschland bildet eine Grundlage für die vorliegende Arbeit. Ebenfalls hat sie dazu beigetragen, Indikatoren zur Steigerung der Energieeffizienz in Stadthotels zu identifizieren, welche grundlegend in zwei Bereiche gegliedert werden können:

- ***Gebäudehülle***
- ***Gebäudetechnik***

Bezogen auf die Gebäudehülle stellt sich vor allem die Verbesserung der energetischen Qualität der Gebäudehülle bzw. die Optimierung der U-Werte der Bauteile als ein wichtiger Aspekt dar, welcher im Rahmen der Energieeffizienz in Hotels zu berücksichtigen ist. Im Bereich der Gebäudetechnik bildet hingegen die technische Optimierung der verschiedenen Bestandteile der Gebäudetechnik einen bedeutenden Gesichtspunkt in diesem Zusammenhang. Die empirische Untersuchung gelangt somit zum Schluss, dass die Verbesserung der beiden Bereiche Gebäudehülle und Gebäudetechnik der Hotels in Hinsicht auf die Energieeffizienz von großer Relevanz ist. Im vorliegenden Kapitel werden die beiden Bereiche weiter analysiert und untersucht. Dabei beschäftigt sich die Untersuchung grundlegend mit folgender Fragestellung:

„Durch die Optimierung der Gebäudehülle und Gebäudetechnik der Hotels werden Energiesparpotenziale erzielt, welche in Folge dazu führen, die Energieeffizienz in Hotels zu steigern. Die Fragestellung bezieht sich hier darauf: Welcher Bereich - Gebäudehülle vs. Gebäudetechnik – weist den effektiveren Einfluss auf die Verringerung des Energiebedarfs und somit auf die Steigerung der Energieeffizienz in Hotels auf?“

Ausgehend von der vorliegenden Fragestellung, wird in diesem Kapitel eine energetische Untersuchung in Hotels durchgeführt. Die energetische Untersuchung wird auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen realisiert und soll schließlich dazu dienen, die aufgeworfene Frage zu klären und zu beantworten.

#### ***3.1. Zielsetzung der energetischen Untersuchung***

Die Zielsetzung der energetischen Untersuchung besteht darin, die Energiesparpotenziale, die durch die Optimierung des jeweiligen Bereiches Gebäudehülle und Gebäudetechnik der Hotels gemäß den EnEV-Anforderungen realisiert werden können, zu bestimmen. Weiterhin gilt es den Einfluss der Verbesserung des jeweiligen Bereiches auf die Verringerung des Energiebedarfs und zur Folge auf die Verbesserung der Energieeffizienz der Hotels zu beurteilen.

#### ***3.2. Methodik***

Für die Durchführung der energetischen Untersuchung wird zunächst eine Methodik entwickelt. Der grundlegende Rahmen der Methodik wird ausgehend von der Zielsetzung abgeleitet. Durch Bezugnahme auf das Ziel der Untersuchung sind die folgenden Determinanten in Erwägung zu ziehen:

- Schwerpunkte der Untersuchung: Gebäudehülle und Gebäudetechnik
- Grundlagen der Untersuchung: EnEV-Anforderungen

Anhand der erwähnten Determinanten kann die Methodik wie folgt strukturiert werden. Dabei wird zwischen mehreren Szenarien entsprechend den Schwerpunkten der Untersuchung unterschieden.

➤ **Szenario1: *Schwerpunkt (Gebäudehülle)***

Im Szenario1 steht die Gebäudehülle im Mittelpunkt der Untersuchung. Dabei werden die Energiesparpotenziale, die durch die Optimierung der Gebäudehülle der Hotels gemäß den EnEV-Anforderungen realisiert werden können, ermittelt und ausgewertet.

Zur Ermittlung der Energiesparpotenziale wird zwischen zwei Hotelvarianten bezüglich des Energiebedarfs verglichen. Die erste Variante stellt eine Standard-Hotelvariante dar. Die zweite Variante wird auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen aufgebaut. Die Merkmale der erwähnten Hotelvarianten werden im vorliegenden Szenario entsprechend dem Schwerpunkt wie folgt angeordnet (Tab.24).

	Standard-Hotelvariante	EnEV-Hotelvariante
Gestaltung	identisch (Standard)	identisch (Standard)
Gebäudehülle	gemäß Standard	gemäß EnEV-Anforderungen
Gebäudetechnik	identisch (Standard)	identisch (Standard)

Tabelle 24: Szenario1: Merkmale der Hotelvarianten

Die dargestellte Anordnung der Hotelvarianten dient schließlich dazu, die Hotelvarianten ausschließlich im Hinblick auf die Optimierung der Gebäudehülle in Vergleich zu setzen. Dabei weisen die Hotelvarianten identische Merkmale (Standard) bezogen auf die Gestaltung und Gebäudetechnik auf, während in Hinsicht auf die Gebäudehülle die Varianten abweichende Merkmale entsprechend den Standard- und EnEV-Anforderungen aufzeigen. Anhand der dargestellten Anordnung wird der Energiebedarf für die jeweilige Hotelvariante berechnet und somit die erzielten Energiesparpotenziale durch die Umsetzung der EnEV-Anforderungen im Bereich der Gebäudehülle der Hotels bestimmt.

➤ **Szenario2: *Schwerpunkt (Gebäudetechnik)***

Im Szenario2 bezieht sich der Schwerpunkt auf die Gebäudetechnik. Dabei wird darauf hingearbeitet, die Energiesparpotenziale, die durch die Verbesserung der Gebäudetechnik der Hotels gemäß den EnEV-Anforderungen erwirtschaftet werden können, zu ermitteln und zu beurteilen. Zur Bestimmung der Energiesparpotenziale der EnEV-Anforderungen im Bereich der Gebäudetechnik der Hotels werden die bereits erwähnten Hotelvarianten anhand der folgenden Anordnung in Vergleich gesetzt (Tab.25).

	Standard-Hotelvariante	EnEV-Hotelvariante
Gestaltung	Identisch (Standard)	Identisch (Standard)
Gebäudehülle	Identisch (Standard)	Identisch (Standard)
Gebäudetechnik	gemäß Standard	gemäß EnEV-Anforderungen

Tabelle 25: Szenario2: Merkmale der Hotelvarianten

Mittels der dargestellten Ordnung wird der Energiebedarf für die jeweilige Hotelvariante berechnet um somit die Energiesparpotenziale, ausschließlich erzielt durch die Optimierung der Gebäudetechnik nach EnEV-Anforderungen, zu bestimmen.

### ➤ **Szenario3: Schwerpunkt (Gebäudehülle & Gebäudetechnik)**

Im Szenario3 wird die energetische Berechnung unter Berücksichtigung beider Bereiche, also der Optimierung des Gesamthotelbetriebs (Gebäudehülle und Gebäudetechnik) gemäß den EnEV-Anforderungen, durchgeführt und mögliche Energiesparpotenziale ermittelt. In diesem Szenario handelt es sich mehr darum, die Wirksamkeit der EnEV-Anforderungen auf die Verringerung des Energiebedarfs der Hotels zu beurteilen. Die Hotelvarianten des dritten Szenarios weisen schließlich die folgende Anordnung auf (Tab.26).

	Standard-Hotelvariante	EnEV-Hotelvariante
<b>Gestaltung</b>	Identisch (Standard)	Identisch (Standard)
<b>Gebäudehülle</b>	gemäß Standard	gemäß EnEV-Anforderungen
<b>Gebäudetechnik</b>	gemäß Standard	gemäß EnEV-Anforderungen

Tabelle 26: Szenario3: Merkmale der Hotelvarianten

Nach der Fertigstellung der energetischen Berechnung des jeweiligen Szenarios werden die Szenarien1 und 2 in Vergleich gesetzt um in Folge dessen, die beiden Bereiche Gebäudehülle und Gebäudetechnik bezüglich der Energiesparpotenziale zu vergleichen und zu beurteilen.

### **Hinweise zur Methodik**

- **Prinzip der Methodik:** das Prinzip der Methodik basiert unter anderen auf dem Vergleich des Energiebedarfs zwischen einer Standard-Hotelvariante und einer hinsichtlich der Energieeffizienz weiter entwickelten Hotelvariante bezeichnet als EnEV-Hotelvariante. Der Vergleich des Energiebedarfs zwischen konventionellen Energiesystemen und energieeffizienten Systemen bei Gebäuden stellt im Rahmen von wissenschaftlichen Arbeiten eine verbreitete Methode dar, welche dazu dient, die Wirksamkeit eines energieeffizienten Systems auf die Steigerung der Energieeffizienz eines Gebäudes zu beurteilen. Unter den Arbeiten zu nennen (Königstein 2009)<sup>94</sup> (Michael Bauer 2013)<sup>95</sup> und (Knissel 2002)<sup>96</sup>.
- **Energieberechnungsprogramm:** Die energetische Berechnung für das jeweilig erläuterte Szenario wird mittels der Software ZUB-Helena durchgeführt. Das Energieberechnungsprogramm ZUB-Helena wurde auf Grundlagen der Energieeinsparverordnung EnEV, des Deutschen Instituts für Normung (DIN) und des EEWärmeg (Erneuerbare-Energie-Wärmegesetz) geschaffen. Neben der Berechnung des Energiebedarfs dient das Programm weiterhin zur Erstellung von Energieausweisen für Wohn- und Nichtwohngebäude, darunter gliedern sich auch die Hotels als Bestandteil der Nichtwohngebäude. Das Programm verfügt über festgelegte Parameter für Hotelbauten, die wiederum zur Berücksichtigung von Nutzungsbereichen der Hotels, als auch zur Er-

<sup>94</sup> Vgl. (Königstein, 2009)

<sup>95</sup> Vgl. (Michael Bauer, 2013)

<sup>96</sup> Vgl. (Knissel, 2002)

mittlung der Randbedingung für das Raumklima eben dieser Bereiche dienen. Die Software ZUB-Helena eignet sich dahin gehend sowohl für die betrachtete Gebäudetypologie (Hotels) als auch für die Grundlagen der vorliegenden Untersuchung (EnEV-Anforderungen) (Abschnitt 3.6).

- **Die Überprüfung von mehreren EnEV-Hotelvarianten:** In Bezug auf die EnEV-Hotelvarianten ist darauf hinzuweisen, dass die energetische Untersuchung anhand von zwei Versionen von EnEV-Hotels durchgeführt wird. Diese umfassen:
  - EnEV2007-Hotelvariante (aufgebaut auf Grundlagen der EnEV2007)
  - EnEV2014-Hotelvariante (aufgebaut auf Grundlagen der EnEV2014)

Die Berücksichtigung von zwei EnEV-Hotelvarianten zielt darauf ab, die Entwicklung der EnEV-Anforderungen hinsichtlich der Energiesparpotenziale zu beurteilen. Die EnEV2007 repräsentiert eine Version der EnEV, bei der zum ersten Mal Anforderungen sowohl an Nichtwohngebäude als auch an die gesamte Gebäudehülle und Gebäudetechnik vorgeschrieben sind, welche bei vorherigen Novellierungen der EnEV nicht berücksichtigt wurden. In diesem Zusammenhang stellt die EnEV2014 die aktuellste Version der Verordnung dar.

### 3.3. Darstellung der Methodik

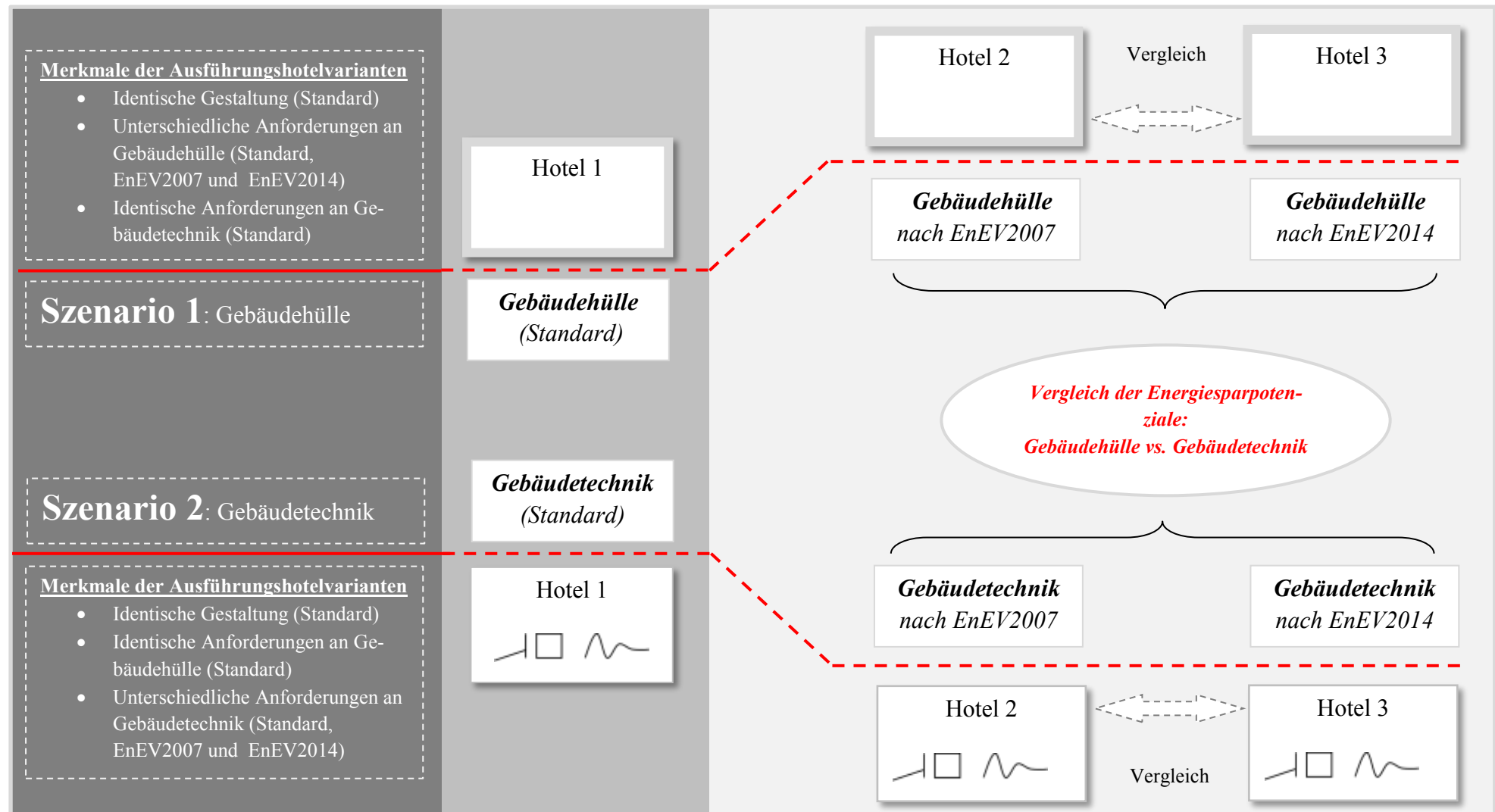


Abbildung 36: Darstellung der Methodik 1

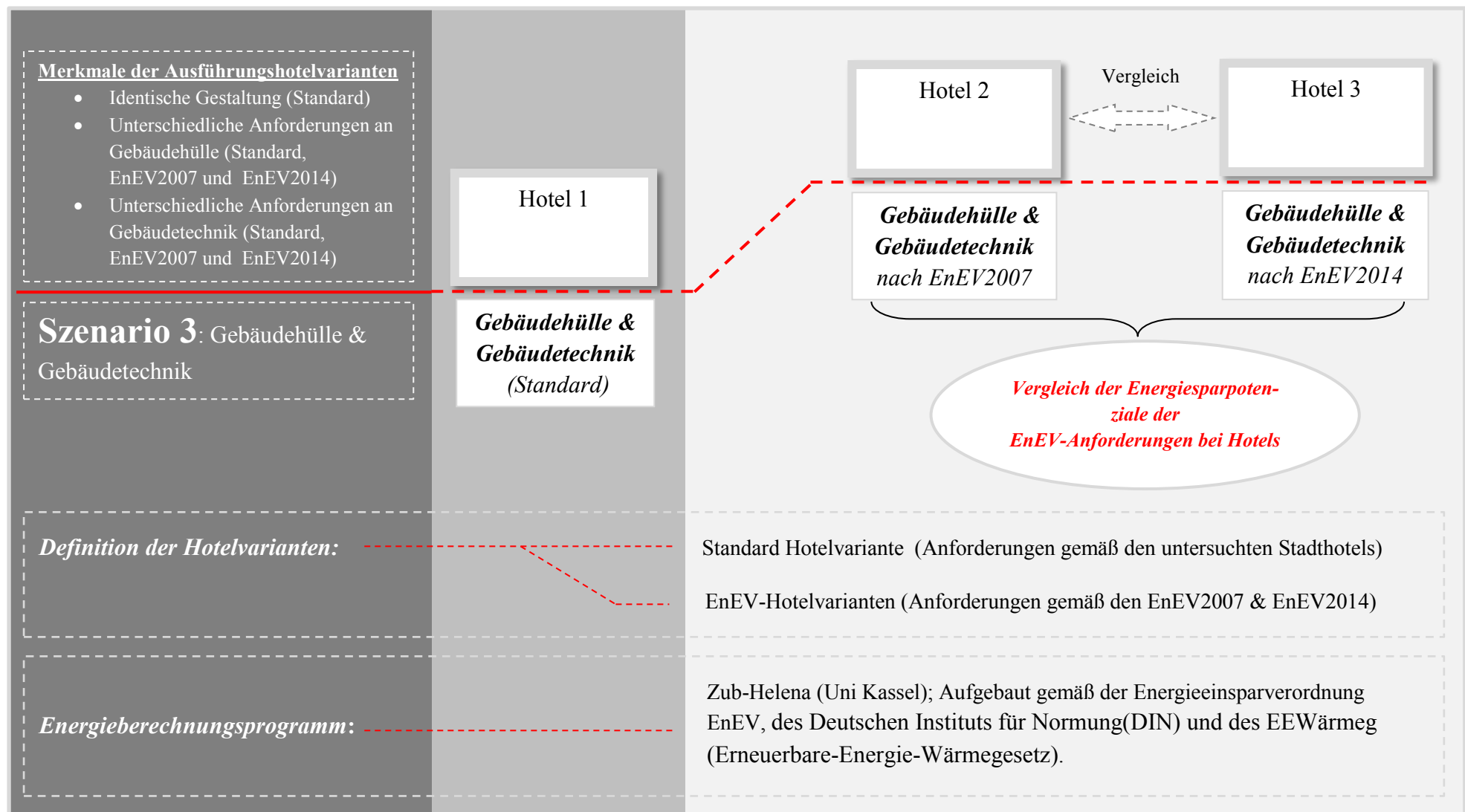


Abbildung 37: Darstellung der Methodik 2

### 3.4. Definition der untersuchten Hotelvarianten

#### 3.4.1. Standard-Hotelvariante

Die Standard-Hotelvariante bildet eine Basis-Variante für die energetische Untersuchung und wird hauptsächlich auf Grundlagen der im zweiten Kapitel durchgeführten empirischen Untersuchung in Stadthotels in Deutschland aufgebaut. Durch die empirische Untersuchung wurden Daten in verschiedenen Ebenen der Stadthotels in Deutschland ermittelt, dazu zählen: Daten über die Gebäudehülle und Gebäudetechnik sowie Daten über die Betriebsgröße, vorhandenen Nutzungen und Ausstattungen der Hotels. Zum Aufbau der Standard-Hotelvariante werden zunächst die Merkmale ihrer Gebäudehülle und Gebäudetechnik bestimmt. Die Bestimmung der beiden Bereiche basiert auf dem Prinzip der Ermittlung der überwiegend vorhandenen Merkmale in beiden Bereichen der untersuchten Hotels.

##### a. Gebäudehülle

Zum Aufbau der Gebäudehülle der Standard-Hotelvariante werden vor allem die Merkmale der Bauteile: Baumaterialien, Wärmedämmung und Verglasung, heran gezogen. In Anbetracht der erhobenen Hoteldaten ist festzustellen, dass die erforschten Hotels unterschiedliche Angaben in Hinsicht auf die jeweilig erwähnten Bauteile machen. Dazu zählen vor allem Aspekte wie: unterschiedliche Baumaterialien, Dämmungsdicken und verschiedene Arten von Anbringung der Dämmung als auch unterschiedliche Fensterarten und Fenster-U-Werte. Zum Aufbau der Gebäudehülle der Standard-Hotelvariante werden schließlich die bei den untersuchten Hotels überwiegend vorhandenen Daten und Werte für jeweilige erwähnten Aspekt ermittelt und eingesetzt (Tab.27).

Gebäudehülle	Standard-Hotelvariante
Baumaterialien	Die überwiegend vorhandenen Baumaterialien
Dämmung	Die überwiegend eingesetzten Dämmungsdicken und Anbringungsarten
Fenster	Die überwiegend verwendeten Fensterarten und Fenster-U-Werte

Tabelle 27: Merkmale der Gebäudehülle-Standard-Hotelvariante

##### b. Gebäudetechnik

Im Bereich Gebäudetechnik gliedern sich die technischen Anlagen bei den erfassten Hotels in vier Hauptbestandteile: Wärmeversorgungssystem, Lüftungsanlage, Klimaanlage und Beleuchtungsanlage. Diese werden bei der Standard-Hotelvariante auf die gleiche Weise berücksichtigt. Es werden die überwiegend vorhandenen Merkmale der technischen Anlagen der erforschten Hotels ermittelt und zum Aufbau der Gebäudetechnik der Standard-Hotelvariante verwendet (Tab.28).

Gebäudetechnik	Standard-Hotelvariante
Technische Anlagen	Die überwiegend eingesetzte Technik und Merkmale in den Bereichen Wärmeversorgungssystem, Lüftungs- und Klimaanlage und Beleuchtungsanlage der Hotels

Tabelle 28: Merkmale der Gebäudetechnik-Standard-Hotelvariante

Anhand der oben erläuterten Anordnung können die Merkmale der Standard-Hotelvariante in Bereichen Gebäudehülle und Gebäudetechnik schließlich wie folgt zusammengefasst (Tab.29).



### 3.4.1.1. Zusammenfassung der Merkmale der Standard-Hotelvariante

Merkmale und Werte der Standard-Hotelvariante				
Gebäudehülle				
Bauteile	Baumaterial	Dämmungs- dicken	Dämmungs- anbringung	Berechneter U- Wert
Außenwände	Mauerwerk	10 cm	Außendäm- mung	U = 0,35 W/(m²·K)
Wand gegen Erdreich, Bo- denplatte und Decken	Stahlbeton	4 cm	Aufsparren- dämmung	U = 0,50 W/(m²·K)
Dach	Stahlbeton	8 cm	Außendäm- mung	U = 0,45 W/(m²·K)
Fenster, Fenstertüren	2-Scheiben-Isolierglas			U = 2,7 W/(m²·K)
Außentüren	Wärmedurchgangskoeffizient			U = 2,9 W/(m²·K)
Tageslichtversorgung bei Sonnen- und/oder Blendschutz	-Blendschutz vorhanden, Lichtlinkende Systeme -variable Sonnenschutzvorrichtung -Manuell betätigt			
Gebäudetechnik				
Beleuchtungsart	- direkt/indirekt - Art der Beleuchtung: Wie bei Referenzgebäuden (die untersuchten Hotels) (Tab.31)			
Regelung der Beleuchtung	Präsenzkontrolle: manuell / tageslichtabhängige Kontrolle: manuell			
Heizung (Wärmeerzeuger)	Fernwärme, Art des Erzeugers (Heizwasser), Vorlauftemperatur 70 C°, Rücklauftemperatur 55 C°			
Heizung (Wärmeverteilung)	Art des Rohrnetzes: Zweirohrnetz, Vorlauftemperatur: 70°C, Rück- lauftemperatur: 55°C. Heizungspumpe: hydraulisch abgeglichen, Pumpenregelung: konstante Druckdifferenz, Auslegung der Heizungs- pumpe: Bedarf ausgelegt.			
Heizung (Wärmeübergabe)	Heizkörper, P-Regler (2K)			
Warmwasser (Wärmeerzeuger)	Über Wärmeerzeuger der Heizung			
Warmwasser (Wärmespeicherung)	Indirekt Beheizter Trinkwarmwasserspeicher			
Warmwasser (Wärmeverteilung)	Warmwasserverteilung mit Zirkulationspumpe, Pumpenregelung: kon- stante Druckdifferenz, Auslegung der Pumpe: Bedarf ausgelegt.			
Raumluftechnik	- Zentrale Zu- und Abluftanlage - Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung - Steuerung des Volumenstroms: Konstantvolumenanlage - Luftkanalführung: innerhalb des Gebäudes			
Raumkühlung	- <u>Kältesystem:</u> Art des Systems: Kaltwasser, Vorlauftemperatur: 14°C, Rücklauftem- peratur: 18°C. <u>Kaltwasserkreis Raumkühlung:</u> - Pumpe: hydraulischer Abgleich, hydraulische Entkopplung, vollau- tomatisierter bedarfsgesteuerter Betrieb. <u>Erzeuger:</u> - Kolben/Scrollverdichter, mehrstufig schaltbar, R134a,, Wasserge- kühlt - Kaltwassertemperatur 14/18 °C - Pumpe: hydraulischer Abgleich, hydraulische Entkopplung, vollau- tomatisierter bedarfsgesteuerter Betrieb.			

Tabelle 29: Zusammenfassung der Merkmale der Standard-Hotelvariante

### c. *Zusätzliche Merkmale zur Gebäudetechnik*

Im Bereich Gebäudetechnik sind darüber hinaus weitere Merkmale, die für den Aufbau der Standard-Hotelvariante zu berücksichtigen sind, vorhanden. Diese sind grundsätzlich in drei technischen Anlagen zu gliedern:

- Lüftungsanlage: Art der Lüftung und die Nutzungsbereiche der Anlage
- Klimaanlage: Nutzungsbereiche
- Beleuchtungsanlage: Beleuchtungsarten und Nutzungsbereiche

#### **- Lüftungs- und Klimaanlage**

Die empirische Untersuchung im Bereich Lüftungs- und Klimaanlage deutet darauf hin, dass die Hotels unterschiedliche Arten für die Lüftung und Klimatisierung verwenden. Grundsätzlich unterteilen sich die Arten in zwei Varianten: vollständige und teilweise Funktion. Die erwähnten Arten sind in den Hotels entsprechend der Bereich-Nutzung angeordnet. Gemäß den erhobenen Hoteldaten können somit die Nutzungsbereiche und die Art der Nutzung der Anlage wie folgt ermittelt werden (Tab.30) (Tab.31).

<b>Lüftungs- und Klimaanlage- Nutzungsbereiche</b>	
<b>Bereiche mit Lüftung und Klimatisierung</b>	<b>Bereiche ohne Lüftung und Klimatisierung</b>
Restaurant, Küchenbereich, Gruppenbüro, Hotelzimmer, Foyer, Seminarräume, WC und Sanitärräume, Saunabereich, Fitnessraum	Verkehrsflächen, Lager, Technik, Archiv, Servicebereich

Tabelle 30: Nutzungsbereiche der Anlage-Standard-Hotelvariante

<b>Lüftungs- und Klimaanlage-Art der Nutzung</b>		
<b>vollständig</b>	<b>Teilweise</b>	<b>Keine Luftaufbereitung</b>
Restaurant, Küchenbereich, Gruppenbüro	Hotelzimmer, Foyer, Seminarräume, WC und Sanitärräume, Saunabereich, Fitnessraum	Verkehrsflächen, Lager, Technik, Archiv, Servicebereich

Tabelle 31: Art der Nutzung-Standard-Hotelvariante

#### **- Beleuchtungsanlage**

Bezogen auf die Beleuchtungsanlage weisen die erfassten Hoteldaten darauf hin, dass die vorhandenen Leuchtmittel der untersuchten Hotels in 5 Varianten zu gliedern sind: Energiesparlampen, LED-Lampen, Halogenlampen, Leuchtstofflampen Stabförmig und Glühlampen. Diese befinden sich in verschiedenen Bereichen der Hotels und sind nach Angaben der erforschten Hotels überwiegend wie folgt anzuordnen (Tab.32).

<b>Bereich</b>	<b>Beleuchtungsart</b>
Hotelzimmer, Foyer, Verkehrsfläche, Saunabereich	Energiesparlampen, LED-Lampen
Restaurant	Halogenlampen
Seminarräume, Küchenbereich, Büros, Fitnessraum	Leuchtstofflampen Stabförmig
WC und Sanitärräume, Lagerbereich, Archiv, Technik, Servicebereich	Glühlampen

Tabelle 32: Beleuchtungsarten und Nutzungsbereiche-Standard-Hotelvariante

Die oben dargestellten Daten über die Nutzungsbereiche und die Arten der Nutzung von der Lüftungs- und Klimaanlage sowie die Arten der Leuchtmittel und deren Einsatzbereiche werden zur Folge bei der Realisierung der Standard-Hotelvariante berücksichtigt und eingesetzt.

### 3.4.2. EnEV2007- Hotelvariante

Die EnEV2007-Hotelvariante stellt eine der im Rahmen der vorliegenden energetischen Untersuchung betrachteter Hotelversion dar, die auf Grundlagen der EnEV2007-Anforderungen aufgebaut wird. Die am 24. Juli 2007 verabschiedete EnEV schreibt Anforderungen an die gesamte Gebäudetechnik und Gebäudehülle vor. Eines der wichtigsten Merkmale der EnEV2007 ist die Festlegung von Anforderungen an Beleuchtungs- und Klimaanlage bei Nichtwohngebäuden, welche bei den vorherigen EnEV-Anforderungen nicht berücksichtigt wurde. Die EnEV2007 dient zur Folge dazu, das gesamte Gebäude (Gebäudetechnik und Gebäudehülle) im Rahmen der Energieeffizienz berücksichtigen zu können.<sup>97</sup>

#### a. Gebäudehülle

Im Bereich Gebäudehülle schreibt die EnEV2007 spezifische Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizient (U-Werte) für jedes Bauteil vor, dazu zählen: Außenwände, Dach, Wand gegen Erdreich, Bodenplatte, Wände und Decken zu unbeheizten Räumen und Fenster (Tab.33). Die über die EnEV2007 ermittelten U-Werte stellen schließlich Determinanten dar, die zur Bestimmung der energetischen Qualität der Gebäudehülle der EnEV2007-Hotelvariante eingesetzt werden.

Bauteil	Wärmedurchgangskoeffizient W/(m²·K)
Außenwand	0,35 W/(m²·K)
Boden an Erdreich angrenzend	0,40 W/(m²·K)
Kellerdecke nach unten zum unbeheizten Keller	0,40 W/(m²·K)
Dach	0,25 W/(m²·K)
Fenster	1,7 W/(m²·K)

Tabelle 33: Wärmedurchgangskoeffizient der Gebäudehülle-EnEV2007-Hotelvariante, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. EnEV 2007

Anzumerken ist hier, dass die erwähnten Bauteile identische Baumaterialien im Vergleich zur Standard-Hotelvariante aufweisen werden. Die nach EnEV2007-Anforderungen vorgeschriebenen U-Werte für die betrachteten Bauteile werden schließlich durch die Änderung der Dämmungsdicke erreicht und dient dazu, die Hotelvarianten hinsichtlich der Gebäudehülle vergleichbar zu machen.

#### b. Gebäudetechnik

##### - Beleuchtungsanlage

Gemäß der EnEV2007 ist für Nichtwohngebäude direkte Beleuchtung mit verlustarmen Vorschaltgerät und stabförmiger Leuchtstofflampe festgelegt. Dies wird jedoch im Rahmen der vorliegenden Arbeit kritisch betrachtet. Der Grund dafür besteht darin, dass die stabförmigen Leuchtstofflampen keine geeignete Variante für Hotelbereiche wie Hotelzimmer, Restaurants, Verkehrsfläche, Besprechung und Seminarräume darstellen. Für die erwähnten Bereiche wird zur Folge eine passende Beleuchtungsart übernommen und ist wie folgt anzuordnen (Tab.34).

<sup>97</sup> Vgl. (Hellerforth, 2014, S. 23)

Bereich	Beleuchtungsart
Hotelzimmer, Foyer, Verkehrsfläche, Restaurant, Besprechung, Sitzung und Seminarräume, Saunabereich.	direkte Beleuchtung mit verlustarmen Vorschaltgerät und Energiesparlampen
Küchenbereich, Büros, Fitnessraum, WC und Sanitärräume, Lagerbereich, Archiv, Technik, Servicebereich	direkte Beleuchtung mit verlustarmen Vorschaltgerät und stabförmiger Leuchtstofflampe

Tabelle 34: Beleuchtungsart und Nutzungsbereiche-EnEV2007-Hotelvariante

Neben der Bestimmung der Beleuchtungsarten wird weiterhin die Beleuchtungsstärke für die jeweiligen Hotelbereiche ebenso ermittelt. Die Beleuchtungsstärke ist nach DIN V 18599-10: Tabelle 5 für verschiedene Nutzungsbereiche geregelt und ist hinsichtlich der Hotelbereiche wie folgt zusammenzufassen (Tab.35).

Bereich	Beleuchtungsstärke (lx)
Verkehrsfläche, Servicebereich, Lagerbereich, Archiv, Technik.	100 lx
Hotelzimmer, Restaurant, WC und Sanitärräume, Saunabereich.	200 lx
Fitnessraum, Foyer	300 lx
Seminarräume, Küchenbereich, Büros	500 lx

Tabelle 35: Beleuchtungsstärke in Hotelbereichen, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. DIN V 18599-10: Tabelle 5

### - Wärmeversorgungssystem

Nach EnEV2007 sind darüber hinaus spezifische Anforderungen an das Wärmeversorgungssystem bei Nichtwohngebäuden vorgeschrieben. Die Anforderungen beziehen sich auf die verschiedensten Bestandteile des Systems, ausgehend vom Wärmeerzeuger und der Wärmeverteilung bis hin zu der Wärmeübergabe. Die wichtigsten Merkmale und Werte für das Wärmeversorgungssystem der EnEV2007-Hotelvariante können gemäß den EnEV2007-Anforderungen entsprechend der Bestandteile des Systems wie folgt unterteilt werden:

- **Wärmeerzeuger:** Niedertemperaturkessel mit Gebläsebrenner für Heizung und Warmwasserbereitung, Energieträger: Erdgas. Systemtemperatur: Vorlauftemperatur: 70 C°, Rücklauftemperatur: 55 C°
- **Wärmeverteilung:** Zweirohrnetz
- **Wärmeübergabe:** Heizkörper mit P-Regler (2K).

### - Lüftungs- und Klimaanlage

#### ○ Raumlüftung

Im Bereich der Lüftungsanlage sind gemäß der EnEV2007 verschiedene Kriterien in Erwägung zu ziehen. Diese gliedern sich in Aspekte wie: Art der Anlage, das vorhandene Nutzung von Wärmerückgewinnung, Art der Wärmerückgewinnungseinheit, Werte des Luftwechsels einschließlich der spezifischen Leistungsaufnahme für Zuluft-und Abluftventilatoren ( $P_{SFP}$ ). Mittels der nach EnEV2007 vorgeschriebenen Merkmale und Werte für die genannten Aspekte kann die Lüftungsanlage der EnEV2007-Hotelvariante wie folgt bestimmt werden.

- **Art der Anlage:** Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung
- **Wärmerückgewinnungseinheit:** Kreislaufverbund-Kompaktwärmeübertrager
- **die spezifische Leistungsaufnahme für Zuluft-und Abluftventilator  $P_{SFP}$ :**

- spezifische Leistungsaufnahme Zuluftventilator  $P_{SFP} = 1,6 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ .
- spezifische Leistungsaufnahme Abluftventilator  $P_{SFP} = 1,25 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ .

Die spezifische Leistungsaufnahme des Zuluft- und Abluftventilators  $P_{SFP}$  stellt einen Kennwert dar, welcher zur Berechnung der Gesamtdruckerhöhung des Ventilators (Pa) eingesetzt wird, dieser eben wiederum symbolisiert einen benötigten Wert für die energetische Berechnung. Die spezifische Leistungsaufnahme des Ventilators  $P_{SFP}$  ist laut DIN EN 13779:2007(S.9), „die Summe der von allen Ventilatoren im Luftverteilungssystem verbrauchten elektrischen Leistung, dividiert durch den Gesamtluftvolumenstrom durch das Gebäude bei Auslegungslasten, in  $\text{W} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ “.

$$P_{SFP} = \frac{\Delta p}{\eta_{\text{tot}}}$$

$P_{SFP}$ : die spezifische Ventilatorleistung, in  $\text{W} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ .  
 $\Delta p$ : die Gesamtdruckerhöhung des Ventilators; in Pa.  
 $\eta_{\text{tot}}$ : der Gesamtwirkungsgrad von Ventilator, Motor und Antrieb in eingebautem Zustand

Formel 1: Die spezifische Ventilatorleistung

$\eta_{\text{tot}} = 60\%$  (DIN EN 13779:2007).

$$\Delta p = P_{SFP} \cdot \eta_{\text{tot}} \longrightarrow \begin{aligned} \Delta p \text{ (Zuluftventilator)} &= 1600 \cdot 0,6 = 960 \text{ Pa} \\ \Delta p \text{ (Abluftventilator)} &= 1250 \cdot 0,6 = 750 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Anschließend ist darauf hinzuweisen, dass die Lüftung der EnEV2007-Hotelvariante zwischen zwei Arten variiert: vollständiger Belüftung und teilweiser Belüftung. Diese werden in Hotelbereichen der EnEV2007-Hotelvariante wie bei der Standard-Hotelvariante angeordnet (Tab.31).

### ○ **Raumkühlung**

Laut der EnEV2007 heißt es: „Der Primärenergiebedarf für das Kühlsystem und die Kühlfunktion der raumluftechnischen Anlage ist bei den Nutzungen Nr. 1 bis 3, 8, 10, 16 bis 20, 31 bis 33 nach Tabelle 4 der DIN V 18599-10 : 2007-02 gleich null zu setzen“. Die erwähnten Nutzungsnummern stellen verschiedene Nutzungsbereiche in verschiedenen Arten von Gebäuden dar. Betreffend die Hotels sind also entsprechend der Verordnung spezifische Hotelbereiche zu berücksichtigen, deren Primärenergiebedarf für das Kühlsystem bei null liegt. Diese umfassen: Gruppenbüros (zwei bis sechs Arbeitsplätze), WCs und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden, Nebenflächen (ohne Aufenthaltsräume), Verkehrsflächen, Lager, Technik, Archiv. Jedoch ist hier darauf hinzuweisen, dass die Bereiche: Gruppenbüro (zwei bis sechs Arbeitsplätze), Küchenbereich und Lobby bei der EnEV2007-Hotelvariante entsprechend der Hotelangaben bei der empirischen Untersuchung mit Klimaanlage ausgestattet wird.

Folglich gliedern sich die klimatisierten Bereiche bei der EnEV2007-Hotelvariante in Hotelzimmer, Restaurants, Besprechung-, Sitzung- und Seminarräume einschließlich Büros, Küchenbereich und Lobby. Weiterhin schreibt die EnEV2007 vor, dass die Klimaanlage saisonal, sowie in Nacht- und Wochenendabschaltung betrieben werden soll. Diese Art von Betrieb

gilt bei Hotels nicht, daher wird hier ein vollautomatisierter bedarfsgesteuerter Betrieb für die Klimaanlage übernommen. Die wichtigsten Anforderungen an die Klimaanlage sind gemäß der EnEV2007 schließlich wie folgt zusammenzufassen:

- **Kältesystem:** Kaltwasser Fan-Coil 14/18°C Kaltwassertemperatur.
- **Erzeuger:** Kolben/Scrollverdichter mehrstufig schaltbar, R134a, luftgekühlt, Kaltwassertemperatur 6/12°C.
- **Kaltwasserkreis Erzeuger:** hydraulisch abgeglichen, ungeregelte Pumpe, Pumpe hydraulisch entkoppelt, vollautomatisierter bedarfsgesteuerter Betrieb, Verteilung außerhalb der konditionierten Zone.
- **Kaltwasserkreis Raumkühlung:** hydraulisch abgeglichen, geregelte Pumpe, Pumpe hydraulisch entkoppelt, vollautomatisierter bedarfsgesteuerter Betrieb.

Zur Berechnung des Energiebedarfs für die Klimatisierung ist weiterhin die elektrische Aufnahmeleistung der Pumpe im Auslegungspunkt  $P_{\text{Pumpe}} (w)$  zu ermitteln. Diese wird anhand der folgenden Gleichungen nach DIN V 18599-7:2011-12 berechnet:

- Effizienzfaktor der Pumpe ( $f_e$ ): Gleichung (37) DIN V 18599-7:2011-12:

$$f_e = \frac{P_{\text{Pumpe}}}{P_{d,\text{hydr}}}$$

**$f_e$ :** Effizienzfaktor der Pumpe

**$P_{\text{Pumpe}}$ :** die elektrische Aufnahmeleistung der Pumpe im Auslegungspunkt(w)

**$P_{d,\text{hydr}}$ :** die hydraulische Leistung der Kälteversorgungseinheit im Auslegungspunkt, in W

Formel 2: Berechnung des Effizienzfaktors der Pumpe

- Die spezifische elektrische Leistung der Verteilung ( $P_{d,\text{spez}}$ )

$$P_{d,\text{spez}} = \frac{P_{d,\text{hydr}} * f_e}{Q_z}$$

**$Q_z$ :** die Kühl- bzw. Kälteleistung der Kälteversorgungseinheit im Auslegungsfall, in kW

Formel 3: Berechnung der spezifischen elektrischen Leistung der Verteilung

Durch die Vereinfachung der beiden Gleichungen ergibt sich:

$$P_{d,\text{spez}} = \frac{P_{\text{Pumpe}}}{Q_z}$$

Die Umstellung nach ( $P_{\text{Pumpe}}$ ) ergibt:  $P_{\text{Pumpe}} = P_{d,\text{spez}} * Q_z$

Formel 4: Berechnung der elektrischen Aufnahmeleistung der Pumpe im Auslegungspunkt

Die spezifische elektrische Leistung der Verteilung ( $P_{d,\text{spez}}$ ) wird nach EnEV 2007 wie folgt ermittelt:

- Kaltwasserkreis Raumkühlung: spezifische elektrische Leistung der Verteilung  $P_{d, spez} = 35 \text{ Wel/kW Kälte}$
- Kaltwasserkreis Erzeuger: spezifische elektrische Leistung der Verteilung  $P_{d, spez} = 25 \text{ Wel/kW Kälte}$

Die Kühl- bzw. Kälteleistung der Kälteversorgungseinheit im Auslegungsfall ( $Q_z$ ) ergibt sich nach DIN V 18599-7:2011-12 durch die Gleichung:

$$Q_z = Q_{c, outg} * \left( 1 + \frac{1}{SEER} \right)$$

$Q_{c, outg}$  : die Nennkälteleistung der Kältemaschine, in kW;  
SEER: die Jahreskälteleistungszahl von Kompressionskältemaschine

Formel 5: Berechnung der Kühl- bzw. Kälteleistung der Kälteversorgungseinheit im Auslegungsfall

Nach DIN V 18599-7:2011-12 wird die Nennkälteleistung der Kältemaschine ( $Q_{c, outg}$ ) für die luftgekühlte Kompressionskältemaschine, R 134<sub>a</sub>, Kaltwasser- Austrittstemperatur: 14 °C, Verdichter: Scrollverdichter, Nennkälteleistungszahl (SEER): 3,3 mit einem Wert von 10 bis 1500 kW definiert.

Auf Basis der bereits ermittelten Daten, Gleichungen und Rechenverfahren ergibt sich die elektrische Aufnahmeleistung der Pumpe im Auslegungspunkt  $P_{Pumpe}$ :

- Für den Kaltwasserkreis Raumkühlung ( $P_{d, spez} = 35$ ):  $P_{Pumpe} = 27363,35 \text{ W} = 27 \text{ KW}$ .
- Für den Kaltwasserkreis Erzeuger ( $P_{d, spez} = 25$ ):  $P_{Pumpe} = 19545,25 \text{ W} = 20 \text{ KW}$ .

### 3.4.2.1. Zusammenfassung der Merkmale der EnEV2007-Hotelvariante in Bereichen Gebäudehülle und Gebäudetechnik gemäß der EnEV2007-Anforderungen

Merkmale der EnEV 2007-Hotelvariante			
Gebäudehülle			
Bauteile	Eigenschaft	Referenzausführung / Wert (Maßeinheit)	
		Raum Solltempe- raturen im Heiz- fall > 19°C	Raum Solltempera- turen im Heizfall von 12 bis < 19 °C
Außenwände	Wärmedurchgangskoeffizient	U = 0,35 W/(m²·K)	U = 0,75 W/(m²·K)
Decken und Wände gegen unbeheizte Räu- me oder Erdreich	Wärmedurchgangskoeffizient	U = 0,40 W/(m²·K)	Keine Anforderung
Dach	Wärmedurchgangskoeffizient	U = 0,25 W/(m²·K)	U = 0,40 W/(m²·K)
Fenster, Fenstertüren	Wärmedurchgangskoeffizient	UW = 1,7W/(m²·K)	UW = 2,8 W/(m²·K)
	Gesamtenergiedurchlassgrad	g <sub>⊥</sub> = 0,65	g <sub>⊥</sub> = 0,65
	Lichttransmissionsgrad	τD65 = 0,78	τD65 = 0,78
Außentüren	Wärmedurchgangskoeffizient	U = 2,9 W/(m²·K)	
Für die bereits genann- ten Bauteile	Wärmebrückenzuschlag	ΔUWB = 0,05 W/(m²K)	
Gebäudedichtheit	nach Tabelle 4 der DIN V 18599-2: 2007-02		Kategorie I
Tageslichtversorgungs- faktor bei Sonnen- und/oder Blendschutz :DIN V 18599-4 : 2007- 02	-Blendschutz vorhanden : 0,15		
Sonnenschutzvorrich- tung	für das Referenzgebäude ist die tatsächliche Sonnenschutzvorrichtung des zu errichtenden Gebäudes anzunehmen; sie ergibt sich nach DIN 4108-2 : 2003-07		
Gebäudetechnik			
Beleuchtungsart	- Leuchtmittel 1: Energiesparlampen - Leuchtmittel 2: stabförmige Leuchtstofflampen - Art der Beleuchtung: direkte Beleuchtung mit verlustarmen Vorschaltgerät		
Regelung der Beleuch- tung	Präsenzkontrolle: manuelle Kontrolle (ohne Präsenzmelder) Tageslichtabhängige Kontrolle: manuelle Kontrolle		
Heizung - Wärmeerzeuger	Niedertemperaturkessel, Gebläsebrenner, Erdgas, Aufstellung außerhalb der thermischen Hülle, Wassergehalt > 0,15 l/kW		
Heizung - Wärmeverteilung	Zweirohrnetz, Systemtemperatur 70/55 °C, hydraulisch abgeglichen, Δp konstant, Pumpe auf Bedarf ausgelegt, für den Referenzfall sind die Rohrleitungslänge und die Lage der Rohrleitungen wie beim zu errichtenden Gebäude anzunehmen.		
Heizung -Wärmeübergabe	freie Heizflächen an der Außenwand mit Glasfläche mit Strahlungsschutz, P-Regler (2K), keine Hilfsenergie.		
Warmwasser ( zentrales System) - Wärmeerzeuger	gemeinsame Wärmeerzeugung mit Heizung		
Warmwasser ( zentrales System) - Wärmespeicherung	indirekt beheizter Speicher (stehend), Aufstellung außerhalb der thermischen Hülle		
Warmwasser ( zentrales System) -Wärmeverteilung	Mit Zirkulation, Δp konstant, Pumpe auf Bedarf ausgelegt, für den Referenzfall sind die Rohrleitungslänge und die Lage der Rohrleitungen wie beim zu errich- tenden Gebäude anzunehmen.		



<b>Raumluftechnik</b>	<u>Zu- und Abluftanlage ohne Nachheiz- und Kühlfunktion:</u> spezifische Leistungsaufnahme Zuluftventilator PSFP = 1,6 kW/(m³/s) spezifische Leistungsaufnahme Abluftventilator PSFP = 1,25 kW/(m³/s) Wärmerückgewinnung über Kreislaufverbund-Kompaktwärmeübertrager: Rückwärmzahl $\eta_t = 0,45$ , ungeregelte Pumpe
<b>Raumkühlung</b>	<u>Kältesystem:</u> Kaltwasser Fan-Coil 14/18°C Kaltwassertemperatur. <u>Kaltwasserkreis Raumkühlung:</u> 10% Überströmung*; spezifische elektrische Leistung der Verteilung $P_{d, spez} = 35 \text{ W el/kW Kälte}$ , hydraulisch abgeglichen, geregelte Pumpe, Pumpe hydraulisch entkoppelt, vollautomatisierter bedarfsgesteuerter Betrieb
<b>Kälteerzeugung -Erzeuger:</b>	<u>Erzeuger:</u> Kolben/Scrollverdichter mehrstufig schaltbar, R134a, luftgekühlt, Kaltwassertemperatur: 6/12°C <u>Kaltwasserkreis Erzeuger inklusive RLT-Kühlung:</u> 30% Überströmung*; spezifische elektrische Leistung der Verteilung $P_{d, spez} = 25 \text{ W el/kW Kälte}$ , hydraulisch abgeglichen, ungeregelte Pumpe, Pumpe hydraulisch entkoppelt, vollautomatisierter bedarfsgesteuerter Betrieb. Verteilung außerhalb der konditionierten Zone

Tabelle 36: Zusammenfassung der Merkmale der EnEV2007-Hotelvariante, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. EnEV2007

\*Das Verhältnis von minimalem Volumenstrom im Verteilkreis zum Volumenstrom der Kälteversorgungseinheit im Auslieferungsfall (DIN V 18599-7: 2007-02) wird als Überströmung bezeichnet.

### 3.4.3. EnEV2014-Hotelvariante

Die EnEV2014-Hotelvariante bildet eine weitere betrachtete Version im Rahmen der energetischen Untersuchung und wird auf Grundlagen der EnEV2014-Anforderungen realisiert. Die am 1. Mai 2014 in Kraft getretene EnEV stellt im Rahmen des Zeitraumes der vorliegenden Arbeit eine aktuelle und novellierte Version der Energieeinsparverordnung dar. Dabei wurden die Anforderungen an Gebäude gegenüber den vorherigen EnEV-Versionen weiter verschärft und verstärkt. Dazu zählen unter anderen verschärfte Anforderungen an den Jahres Primärenergiebedarf der Gebäude, an die Gebäudehülle bei neuen Gebäuden als auch bestehenden Gebäuden.<sup>98</sup>

Zur Definition der EnEV2014-Hotelvariante werden zunächst ihre Merkmale in den Bereichen Gebäudehülle und Gebäudetechnik gemäß den EnEV2014-Anforderungen ermittelt.

#### a. Gebäudehülle

Die EnEV2014 weist gegenüber der EnEV2007 weitere verstärkte Anforderungen zur Optimierung der energetischen Qualität der Gebäudehülle auf. Diese zeigen sich vor allem durch die verschärften Grenzwerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) der verschiedenen Bauteile der Gebäudehülle welche da wären: Außenwände, Dach, Wand gegen Erdreich, Bodenplatte, Wände und Decken zu unbeheizten Räumen sowie Fenster. Die nach EnEV2014 vorgeschriebenen U-Werte werden zunächst zur Bestimmung der energetischen Qualität der Gebäudehülle der EnEV2014-Hotelvariante umgesetzt und sind wie folgt zu ermitteln (Tab.37).

Bauteil	Wärmedurchgangskoeffizient $W/(m^2 \cdot K)$
Außenwand	0,28 $W/(m^2 \cdot K)$
Boden an Erdreich angrenzend	0,35 $W/(m^2 \cdot K)$
Kellerdecke nach unten zum unbeheizten Keller	0,35 $W/(m^2 \cdot K)$
Dach	0,20 $W/(m^2 \cdot K)$
Fenster	1,3 $W/(m^2 \cdot K)$

Tabelle 37: Wärmedurchgangskoeffizient der Gebäudehülle-EnEV2014-Hotelvariante, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. EnEV 2014

Weiterhin ist hier auch darauf hinzuweisen, dass die erwähnten Bauteile identische Baumaterialien wie bei Standard-Hotelvariante sowie auch bei EnEV2007-Hotelvarianten aufweisen werden. Die gemäß den EnEV2014 festgelegten U-Werte für die Bauteile werden schließlich durch die Änderung der Dämmungsdicke erzielt.

#### b. Gebäudetechnik

##### - Beleuchtungsanlage

Unter Beachtung der Anforderungen der EnEV2014 sind bezüglich der Beleuchtungsanlage für Nichtwohngebäude direkte/indirekte Beleuchtungen mit elektronischem Vorschaltgerät und stabförmiger Leuchtstofflampe vorgeschrieben. Dieser Aspekt wird wie bei der EnEV2007 kritisch betrachtet, da die vorgeschriebene Art der Leuchtmittel für einige Berei-

<sup>98</sup> Vgl. (Schettler-Köhler, 2014, S. 1,4)

che der Hotels ungeeignet ist. Infolgedessen werden die bei der EnEV2014-Hotelvariante vorhandenen Leuchtmittel entsprechend der Hotelbereiche wie folgt angeordnet (Tab.38).

Bereich	Leuchtmittel
Hotelzimmer, Foyer, Verkehrsfläche, Restaurant, Besprechung, Sitzung und Seminarräume, Saunabereich	Beleuchtung mit elektronischem Vorschaltgerät und Energiesparlampen
Küchenbereich, Büros, Fitnessraum, WC und Sanitärräume, Lagerbereich, Archiv, Technik, Servicebereich	Beleuchtung mit elektronischem Vorschaltgerät und stabförmiger Leuchtstofflampe

Tabelle 38: Beleuchtungsart und Nutzungsbereiche-EnEV2014-Hotelvariante

Die EnEV2014 diktiert weiterhin Anforderungen an die Steuerung und Regelung der Beleuchtungsanlage. Betrachtet wird dabei der Einsatz von Lichttechniken wie Präsenzkontrolle, Tageslichtabhängiger Kontrolle und Konstantlichtstromkontrolle sowie auch die Nutzung vom Sonnen und Blendschutz einschließlich der Bestimmung der Beleuchtungsart. Die erwähnten Aspekte sind nach DIN V 18599-4:2011-12:Tabelle A.5, für jeweiligen Hotelbereich definiert und sind bei der EnEV2014-Hotelvariante demgemäß wie folgt anzuordnen (Tab.39).

Nutzungsprofil Nichtwohngebäude	Beleuchtungsart	Sonnen und oder Blendschutz	Lichtmanagement		
			Konstantlichtstromkontrolle	Präsenzmelder	Tageslichtabhängige Kontrolle
Gruppenbüro (zwei bis sechs Arbeitsplätze)	direkt / indirekt	Lichtlenk Systeme <sup>a</sup>	(X) <sup>b</sup>	X	X
Besprechung, Sitzung, Seminar	direkt / indirekt	Lichtlenk Systeme <sup>a</sup>	(X) <sup>b</sup>	X	X
Hotelzimmer	direkt / indirekt			X	
Restaurant	Wahlweise (direkt/indirekt)				
Küchen in Nichtwohngebäuden	Direkt		X		
WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden	Direkt			X	
Nebenflächen (ohne Aufenthaltsräume)	Direkt				
Verkehrsflächen	Direkt			X	
Lager, Technik, Archiv	Direkt				
Foyer	Wahlweise (direkt/indirekt)				
Saunabereich	Direkt				
Fitnessraum	Direkt		X		

Tabelle 39: Anordnung der Beleuchtungsanlage der EnEV2014- Hotelvariante, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. DIN V 18599-4:2011-12:Tabelle A.5

<sup>a</sup> : nach Systemlösung 3, Tabelle 12. Gilt nur für vertikale Fassaden, die ausreichend besonnt werden. D. h. Orientierungen Ost über Süd bis West, ohne starke Verbauungen.

<sup>b</sup> : Wird technisch durch die tageslichtabhängige Kontrolle in der Regel mit abgedeckt, muss aber rechnerisch separat berücksichtigt werden.

Neben der Regelung und Steuerung der Beleuchtungsanlage wird schließlich die Beleuchtungsstärke für jeweiligen Hotelbereich der EnEV2014-Hotelvariante gemäß DIN V 18599-10: Tabelle 5 wie folgt ermittelt (Tab.40).

Bereich	Beleuchtungsstärke (lx)
Verkehrsfläche, Servicebereich, Lagerbereich, Archiv, Technik	100 lx
Hotelzimmer, Restaurant, WC und Sanitärräume, Saunabereich	200 lx
Fitnessraum, Foyer	300 lx
Seminarräume, Küchenbereich, Büros	500 lx

Tabelle 40: Beleuchtungsstärke in Hotelbereichen, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. DIN V 18599-10: Tabelle 5

### - Wärmeversorgungssystem

In Hinblick auf die Anforderungen der EnEV2014 an Wärmeversorgungssystem ist festzustellen, dass weitere verschärfte Anforderungen gegenüber der EnEV2007 in diesem Bereich festgelegt wurden. Diese sind vor allem bezüglich des Wärmeerzeugers und der Wärmeübergabe des Systems zu betrachten. Die wichtigsten Merkmale und Werte des Wärmeversorgungssystems der EnEV2014-Hotelvariante können somit wie folgt ermittelt werden:

- **Wärmeerzeuger:** Brennwertkessel „verbessert“ nach DIN V 18599-5: 2011-12 Tabelle 47 Fußnote a, mit Gebläsebrenner, betrieben mit Heizöl EL. Systemtemperatur: Vorlauftemperatur: 70 °C, Rücklauftemperatur: 55 °C. Solaranlage zur Warmwasserbereitung.
- **Wärmeverteilung:** Zweirohrnetz
- **Wärmeübergabe:** Heizkörper mit P-Regler (1K).

### - Lüftungs- und Klimaanlage

#### ○ Raumlüftung

Die Anforderungen an Lüftungsanlage der EnEV2014 ähneln zum Teil den Anforderungen der EnEV2007. Folgende Aspekte sind zu berücksichtigen: Art der Anlage, das Vorhandensein von Wärmerückgewinnung und die Werte der Luftwechsel. Zusätzlich jedoch weist die EnEV2014 weitere verschärfte Anforderungen hinsichtlich der Art der Wärmerückgewinnungseinheit und der spezifischen Leistungsaufnahme für Zuluft- und Abluftventilator ( $P_{SFP}$ ) auf. Gemäß der EnEV2014 können die wichtigsten Merkmale und Werte der Lüftungsanlage der EnEV2014-Hotelvariante schließlich wie folgt gegliedert werden.

- **Art der Anlage:** Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung
- **Wärmerückgewinnungseinheit:** Plattenwärmeüberträger (Kreuzgegenstrom)
- **die spezifische Leistungsaufnahme für Zuluft- und Abluftventilator  $P_{SFP}$ :**
  - spezifische Leistungsaufnahme Zuluftventilator  $P_{SFP} = 1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ .
  - spezifische Leistungsaufnahme Abluftventilator  $P_{SFP} = 1,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ .

Zur Berechnung der Gesamtdruckerhöhung des Ventilators ergibt sich:

$$P_{SFP} = \frac{\Delta p}{\eta_{tot}}$$

$P_{SFP}$ : die spezifische Ventilatorleistung, in  $\text{W} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}$ .  
 $\Delta p$ : die Gesamtdruckerhöhung des Ventilators; in Pa.  
 $\eta_{tot}$ : der Gesamtwirkungsgrad von Ventilator, Motor und Antrieb in eingebautem Zustand

Formel 6: Die spezifische Ventilatorleistung

$$\eta_{\text{tot}} = 60\%$$

$$\Delta p = P_{\text{SFP}} \cdot \eta_{\text{tot}} \longrightarrow \begin{array}{l} \Delta p \text{ (Zuluftventilator)} = 1500 \cdot 0,6 = 900 \text{ Pa} \\ \Delta p \text{ (Abluftventilator)} = 1000 \cdot 0,6 = 600 \text{ Pa} \end{array}$$

In Bezug auf die Gesamtdruckerhöhung des Ventilators ist hier darauf hinzuweisen, dass diese bei Hotels unterschiedliche Werte entsprechend der Hotelräume annimmt. Nach Befragung von Hoteltechnikern können diese wie folgt ermittelt werden:

- Hotelzimmer ( $\Delta p$  (Zuluftventilator): 1200 bis 1600 Pa,  $\Delta p$  (Abluftventilator): 1100 bis 1300 Pa.)
- Die restliche Räume ( $\Delta p$  (Zuluftventilator): 300 bis 500 Pa,  $\Delta p$  (Abluftventilator): 200 bis 400 Pa.)
- Zur Vereinfachung wird hier ein Mittelwert für die Gesamtdruckerhöhung vom jeweiligen Ventilator einschließlich für das gesamte Hotel ermittelt. Die Mittelwerte aus den von den Hotels verarbeiteten Zahlen sind somit wie folgt zu bestimmen:
  - ○ Mittelwert für  $\Delta p$  (Zuluftventilator): 900 Pa
  - Mittelwert für  $\Delta p$  (Abluftventilator): 750 Pa

Im Vergleich zwischen den von Hotels kalkulierten Mittelwerten ( $\Delta p$  (Zuluftventilator) = 900 Pa, und  $\Delta p$  (Abluftventilator) = 750 Pa) und den anhand von DIN EN 13779 berechneten Werten ( $\Delta p$  (Zuluftventilator) = 900 Pa, und  $\Delta p$  (Abluftventilator) = 600 Pa) ist festzustellen, dass diese sehr eng beieinander liegen. Somit gelten hier die nach DIN EN 13779 berechneten Werte als Mittelwerte für die Gesamtdruckerhöhung der Ventilatoren der Hotelvarianten.

Bezogen auf die Art der Belüftung schreibt die EnEV2014 folgendes vor: „Soweit für Zonen der Nutzungen 4, 8, 9, 12, 13, 23, 24, 35, 37 und 40 (Nutzungen nach Tabelle 5 der DIN V 18599-10: 2011-12.) eine Zu- und Abluftanlage vorgesehen wird, ist diese mit bedarfsabhängiger Luftvolumenstromregelung gemäß DIN V 18599-7: 2011-12 Abschnitt 5.8.1 auszugestatten“. Entsprechend der erwähnten Nutzungsnummern werden die Hotelbereiche: Besprechung-, Sitzung- und Seminarräume, Restaurant, Foyer und Fitnessräume bei der EnEV2014-Hotelvariante mit bedarfsabhängiger Luftvolumenstromregelung ausgestattet. Die Art der Lüftung der restlichen Bereiche wird schließlich wie bei der Standard-Hotelvariante angeordnet (Tab.31).

#### ○ **Raumkühlung**

Bei der EnEV2014-Hotelvariante werden die klimatisierten Räume wie bei der EnEV2007-Hotelvariante ermittelt. Diese gliedern sich somit in die Bereiche: Hotelzimmer, Restaurants, Besprechungsräume, Sitzungsräume, Seminarräume, Büros, Küchenbereich und Lobby. Bei der Art des Betriebs der Klimaanlage wird hier ebenso von einem vollautomatisierten bedarfsgesteuerten Betrieb ausgegangen. Die wichtigsten Anforderungen an die Klimaanlage gemäß der EnEV2014 unterteilen sich in die folgenden Punkte:

- **Kältesystem:** Kaltwasser-Ventilator-konvektor, Kaltwassertemperatur 14/18 °C.
- **Erzeuger:** Kolben/Scrollverdichter, mehrstufig schaltbar, R134a, luftgekühlt.

- **Kaltwasserkreis Erzeuger:** hydraulisch abgeglichen, unregelte Pumpe, Pumpe hydraulisch entkoppelt, vollautomatisierter bedarfsgesteuerter Betrieb. Verteilung außerhalb der konditionierten Zone.
- **Kaltwasserkreis Raumkühlung:** hydraulisch abgeglichen, geregelte Pumpe, Pumpe hydraulisch entkoppelt, vollautomatisierter bedarfsgesteuerter Betrieb.

Gemäß der EnEV2014 ergibt sich die spezifische elektrische Leistung der Verteilung ( $P_{d, spez}$ ) wie folgt:

- *Kaltwasserkreis Raumkühlung:*  $P_{d, spez} = 30 \text{ Wel/kWKälte}$
- *Kaltwasserkreis Erzeuger:*  $P_{d, spez} = 20 \text{ Wel/kWKälte}$

Zur Berechnung des Energiebedarfs für die Klimatisierung ist hier ebenso die elektrische Aufnahmeleistung der Pumpe im Auslegungspunkt  $P_{\text{Pumpe}}$  (W) zu bestimmen. Auf Basis der im Abschnitt-Klimaanlage (EnEV2007-Hotelvariante) ermittelten Verfahren zur Berechnung der elektrischen Aufnahmeleistung der Pumpe im Auslegungspunkt  $P_{\text{Pumpe}}$  und anhand der nach EnEV2014 vorgeschriebenen Werte für die spezifische elektrische Leistung der Verteilung ( $P_{d, spez}$ ) ergibt sich:

- $P_{\text{Pumpe}}$  Für Kaltwasserkreis Raumkühlung:  $= 23454,3 \text{ W} = 23 \text{ KW}$ .
- $P_{\text{Pumpe}}$  Für Kaltwasserkreis Erzeuger  $= 15636,2 \text{ W} = 16 \text{ KW}$

### 3.4.3.1. Zusammenfassung der Merkmale der EnEV2014-Hotelvariante in den Bereichen Gebäudehülle und Gebäudetechnik gemäß der EnEV2014-Anforderungen

Merkmale der EnEV 2014-Hotelvariante			
Gebäudehülle			
Bauteile	Eigenschaft	Referenzausführung / Wert (Maßeinheit)	
		Raum Solltemperaturren im Heizfall ≥ 19°C	Raum Solltemperaturren im Heizfall von 12 bis < 19 °C
Außenwände	Wärmedurchgangskoeffizient	U = 0,28 W/(m²·K)	U = 0,35 W/(m²·K)
Wand gegen Erdreich, Bodenplatte, Wände und Decken zu unbeheizten Räumen	Wärmedurchgangskoeffizient	U = 0,35 W/(m²·K)	U = 0,35 W/(m²·K)
Dach	Wärmedurchgangskoeffizient	U = 0,20 W/(m²·K)	U = 0,35 W/(m²·K)
Fenster, Fenstertüren	Wärmedurchgangskoeffizient	UW =1,30W/(m²K)	UW =1,90 W/(m²·K)
	Gesamtenergiedurchlassgrad	g⊥ = 0,60	g⊥ = 0,60
	Lichttransmissionsgrad	τD65 = 0,78	τD65 = 0,78
Außentüren	Wärmedurchgangskoeffizient	U = 1,8 W/(m²·K)	U = 2,9 W/(m²·K)
Für die bereits genannten Bauteile	Wärmebrückenzuschlag	ΔUWB = 0,05 W/(m²K)	ΔUWB = 0,1 W/(m² K)
Gebäudedichtheit	Kategorie nach DIN V 18599-2: 2011-12 Tabelle 6	Kategorie I*	
Tageslichtversorgung bei Sonnen- und/oder Blendschutz	Tageslichtversorgungsfaktor nach DIN V 18599-4: 2011-12	- Blendschutz vorhanden: 0,15	
Sonnenschutzvorrichtung	Für das Referenzgebäude ist die tatsächliche Sonnenschutzvorrichtung des zu errichtenden Gebäudes anzunehmen; sie ergibt sich gegebenenfalls aus den Anforderungen zum sommerlichen Wärmeschutz oder aus Erfordernissen des Blendschutzes.		
Gebäudetechnik			
Beleuchtungsart	- Leuchtmittel 1: Energiesparlampen - Leuchtmittel 2: stabförmige Leuchtstofflampen - Art der Beleuchtung: Nach Tabelle 5 der DIN V 18599-10: 2011-12 - Leuchtmittel mit elektronischem Vorschaltgerät		
Regelung der Beleuchtung	geregelter Beleuchtung nach Tabelle 5 der DIN V 18599-10: 2011-12		
Heizung (Raumhöhen ≤ 4 m) -Wärmeerzeuger	Brennwertkessel „verbessert“ nach DIN V 18599-5: 2011-12 Tabelle 47 Fußnote a, Gebläsebrenner, Heizöl EL, Aufstellung außerhalb der thermischen Hülle, Wasserinhalt > 0,15 l/kW		
Heizung (Raumhöhen ≤ 4 m) - Wärmeverteilung	Zweirohrnetz, Systemtemperatur 70/55 °C, hydraulisch abgeglichen, Δp konstant, Pumpe auf Bedarf ausgelegt, für den Referenzfall sind die Rohrleitungslängen und die Lage der Rohrleitungen wie beim zu errichtenden Gebäude anzunehmen.		
Heizung (Raumhöhen ≤ 4 m) - Wärmeübergabe	freie Heizflächen an der Außenwand (bei Anordnung vor Glasflächen mit Strahlungsschutz); P-Regler (1K), keine Hilfsenergie		
Warmwasser (zentrales System) - Wärmeerzeuger	Solaranlage mit Flachkollektor in Standardausführung nach DIN V 18599-8: 2011-12, berichtigt durch DIN V 18599-8 Berichtigung 1: 2013-05, jedoch abweichend auch für zentral warmwasserversorgte Netto-		

	grundflächen über 3000 m². Restbedarf über Wärmeerzeuger der Heizung
<b>Warmwasser (zentrales System) - Wärmespeicherung</b>	bivalenter, außerhalb der thermischen Hülle aufgestellter Speicher nach DIN V 18599-8: 2011-12 Abschnitt 6.3.1, berichtigt durch DIN V 18599-8 Berichtigung 1: 2013-05
<b>Warmwasser (zentrales System) -Wärmeverteilung</b>	Mit Zirkulation, für den Referenzfall sind die Rohrleitungslänge und die Lage der Rohrleitungen wie beim zu errichtenden Gebäude anzunehmen.
<b>Raumluftechnik</b>	<p><u>Zu- und Abluftanlage ohne Nachheiz- und Kühlfunktion:</u> Soweit für Zonen der Nutzungen 4, 8, 9, 12, 13, 23, 24, 35, 37 und 40** eine Zu- und Abluftanlage vorgesehen wird, ist diese mit bedarfsabhängiger Luftvolumenstromregelung gemäß DIN V 18599-7: 2011-12 Abschnitt 5.8.1 auszulegen.</p> <p><u>Spezifische Leistungsaufnahme</u>  - Zuluftventilator <math>P_{SFP} = 1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})</math>  - Abluftventilator <math>P_{SFP} = 1,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})</math>  Zuschläge nach DIN EN 13779: 2007-09 Abschnitt 6.5.2 können nur für den Fall von HEPA-Filtern, Gasfiltern oder Wärmerückführungsklassen H2 oder H1 angerechnet werden.  - Wärmerückgewinnung über Plattenwärmeübertrager (Kreuzgegenstrom)  Rückwärmzahl <math>\eta_t = 0,6</math> ,  Druckverhältniszahl <math>f_p = 0,4</math>  Luftkanalführung: innerhalb des Gebäudes</p>
<b>Raumkühlung</b>	<p><u>- Kältesystem:</u> Kaltwasser-Ventilatorkonvektor, Kaltwassertemperatur 14/18 °C</p> <p><u>- Kaltwasserkreis Raumkühlung:</u> Überströmung 10%, spezifische elektrische Leistung der Verteilung <math>P_{d, \text{spez}} = 30 \text{ W}/\text{kWKälte}</math> hydraulisch abgeglichen, geregelte Pumpe, Pumpe hydraulisch entkoppelt, vollautomatisierter bedarfsgesteuerter Betrieb</p>
<b>Kälteerzeugung -Erzeuger:</b>	<p><u>Erzeuger:</u> Kolben/Scrollverdichter, mehrstufig schaltbar, R134a, luftgekühlt</p> <p><u>Kaltwassertemperatur:</u> über 5 000 m² mittels Raumkühlung konditionierter Nettogrundfläche: 14/18 °C</p> <p><u>Kaltwasserkreis Erzeuger inklusive RLT-Kühlung:</u> Überströmung 30 %, spezifische elektrische Leistung der Verteilung <math>P_{d, \text{spez}} = 20 \text{ W}/\text{kW Kälte}</math> hydraulisch abgeglichen, unregelte Pumpe, Pumpe hydraulisch entkoppelt, vollautomatisierter bedarfsgesteuerter Betrieb. Verteilung außerhalb der konditionierten Zone.</p>
<b>Gebäudeautomation</b>	<p>- Summand <math>\Delta\theta_{EMS}</math>: gemäß Klasse C - Faktor adaptiver Betrieb <math>f_{\text{adapt}}</math>: Klasse C , jeweils nach DIN V 18599-11: 2011-12</p>

Tabelle 41: Zusammenfassung der Merkmale der EnEV2014-Hotelvariante, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. EnEV 2014

\*Die Angaben nach Anlage 4 zum Überprüfungsverfahren für die Dichtheit bleiben unberührt.

\*\* Nutzungen nach Tabelle 5 der DIN V 18599-10: 2011-12.



### 3.5. Aufbau des Ausführungsmodells der Hotelvarianten

Zur Durchführung der energetischen Untersuchung wird ein Ausführungsmodell für die analysierten Hotelvarianten aufgebaut. Das Modell wird auf Basis der erfassten Hoteldaten mittels der empirischen Untersuchung bei Stadthotels in Deutschland realisiert. Betrachtet wird dabei:

- Im Hotelzimmer-Bereich
  - Hotelzimmergröße
  - Anzahl der Hotelzimmer
  - Anteile der Hotelzimmer-Kategorien
- In Bereichen: Gastronomie, Küche und Diensträume, Tagungs- und Konferenzräume, Freizeiträume
  - Größe des Bereiches

Der Aufbau des Ausführungsmodells beruht auf der Ermittlung der durchschnittlichen Werte der erwähnten Punkte bei den untersuchten Hotels, welche gleichermaßen als Parameter für das Modell eingesetzt werden. Im Bereich Hotelzimmer werden grundlegend drei Kriterien in Erwägung gezogen: die Größe der Hotelzimmer, Anzahl der Hotelzimmer als auch die Anteile der verschiedenen Kategorien der Hotelzimmer. Bezüglich der Hotelzimmergrößen weisen die untersuchten Hotels abweichende Werte auf. Diese gliedern sich entsprechend der Zimmerkategorie in Einzelzimmer (16-20 m<sup>2</sup>), Doppelzimmer (24-30 m<sup>2</sup>) und Suiten (44-64 m<sup>2</sup>). Die Bestimmung der Größe der jeweiligen Kategorie von Hotelzimmern des Modells basiert auf der Berechnung des Mittelwerts der Größen der Hotelzimmer für jede Kategorie bei den untersuchten Hotels. Der Mittelwert ergibt sich dann durch das Dividieren von der Summe aller Größen der Hotelzimmer bei jeweiliger Kategorie auf die Anzahl der untersuchten Hotels. Z.B. zeigt die folgende Grafik den Mittelwert der Größen von Einzelhotelzimmern der erforschten Hotels, welcher dann die Größe der Einzelhotelzimmer- Kategorie für das Modell darstellt (Abb.38).

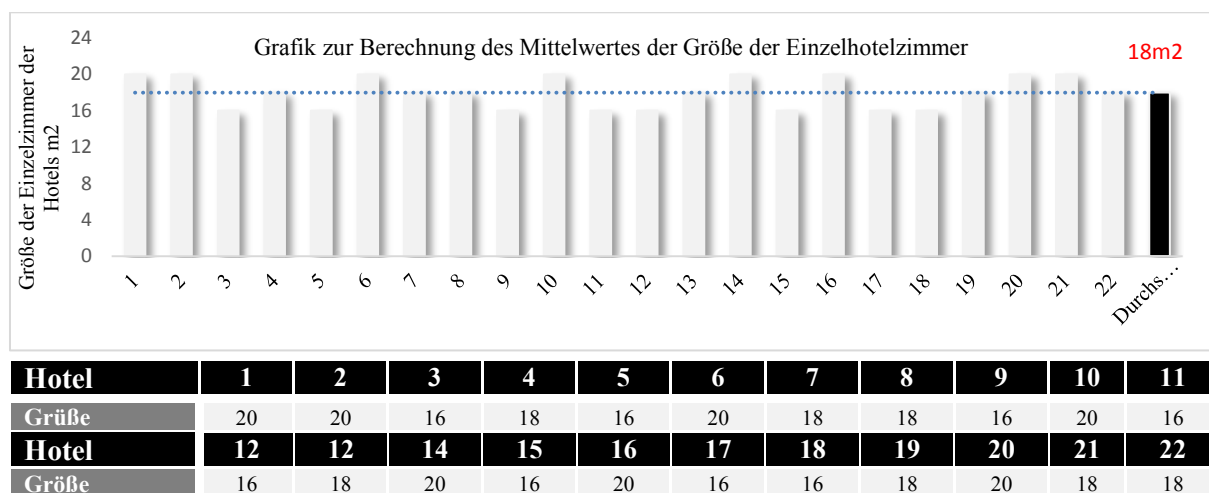


Abbildung 38: Größe der Einzelhotelzimmer bei den untersuchten Hotels

Summe der Größen der Hotelzimmer = 394, Durchschnitt =  $394/22 = 18 \text{ m}^2$ .

Auf Basis der oben erläuterten Methode und anhand der ermittelten Zimmergrößen der untersuchten Hotels kann somit die Größe für jeweilige Kategorie von Hotelzimmern des Modells wie folgt bestimmt werden (Tab.42).

Hotelzimmer-Kategorien	Größe der jeweiligen Kategorie von Hotelzimmern des Modells
Einzelzimmer	18 m <sup>2</sup>
Doppelzimmer	27 m <sup>2</sup>
Suiten	54 m <sup>2</sup>

Tabelle 42: Größe der Hotelzimmer-Kategorien des Ausführungsmodells

Des Weiteren variiert die Anzahl der Hotelzimmer der erforschten Hotels überwiegend zwischen 100 bis 500 Zimmer. Die durchschnittliche Anzahl liegt somit bei 300 Hotelzimmern. Die Untersuchung deutet dementsprechend bezüglich der Anteile der Zimmerkategorien darauf hin, dass die erfassten Hotels unterschiedliche Anteile für die jeweilige Zimmerkategorie aufzeigen. Die Anteile liegen überwiegend bei 15-25% Einzelzimmer, 65-75% Doppelzimmer und 5-15% Suiten. Zur Bestimmung der Anteile für die jeweilige Zimmerkategorie des Modells wird ebenso hier ein Mittelwert berechnet. Dabei wird die gleiche Methode wie bei der Bestimmung der Mittelwerte für die Größen der Hotelzimmer des Modells durchgeführt. Die Mittelwerte bzw. die Anteile der Zimmerkategorien des Modells lassen sich somit in folgende Prozentsätze unterteilen (Tab.43).

Hotelzimmer Kategorien	Anteil der Hotelzimmer Kategorien des Modells
Einzelzimmer	20 %
Doppelzimmer	70 %
Suiten	10 %

Tabelle 43: Anteile der Hotelzimmer-Kategorien des Ausführungsmodells

Neben den Hotelzimmern verfügen die untersuchten Hotels über weitere Bereiche, die sich in Gastronomiebereich, Küchenbereich und Diensträume, Tagungs- und Konferenzräume einschließlich Freizeitbereiche gliedern. Die Berechnung der Fläche der genannten Bereiche steht im Regelfall in Relation zur Anzahl der Hotelzimmer und der Größe des Hotelbetriebs. Gemäß den erfassten Hoteldaten kann die Größe der erwähnten Bereiche mit Augenmerk auf die Anzahl der Hotelzimmer wie folgt ermittelt werden. Dies bildet schließlich die Ausgangsbasis zur Bestimmung der Modell-Fläche

- Gastronomiebereich (Restaurants, Café, Veranstaltungsräume): Sitzplatzanzahl = 1 bis 2 pro Hotelzimmer (durchschnittlich 2 m<sup>2</sup>/platz).
- Küchenbereich und Diensträume: 1 bis 1,5 m<sup>2</sup>/Sitzplatz der Gastronomiebereiche.
- Tagungs- und Konferenzräume: 1 bis 1,2 m<sup>2</sup> pro Hotelzimmer.
- Freizeitbereiche (Sauna- und Fitnessbereiche): 0,5 bis 0,8 m<sup>2</sup> pro Hotelzimmer.

Anhand der ermittelten Werte und Daten über die Nutzungen, Anzahlen und Größen der Hotelbereiche können die Flächenverhältnisse des Modells schließlich identifiziert werden. Dies wird auf Grundlagen der DIN 277 durchgeführt. Die DIN 277 dient dazu, die Grundflächen und Rauminhalte von Gebäuden zu ermitteln. Gemäß der DIN 277 sind grundsätzlich 6 Kategorien von Grundflächen zu berücksichtigen:

- *Brutto-Grundfläche (BGF)*
- *Konstruktionsfläche (KF)*
- *Netto-Grundfläche (NGF)*
- *technische Funktionsfläche (FF)*
- *Verkehrsfläche (VF)*
- *Nutzfläche (HNF)*

**- Flächenverhältnisse des Modells gemäß DIN 277**

Grundfläche	Aufteilung der Grundfläche	Absolute Fläche m <sup>2</sup>	Flächenverhältnisse des Modells
<b>Brutto-Grundfläche (BGF)</b>	NGF+KF	17756	100 % BGF
<b>Konstruktionsfläche (KF)</b>	KF	1776	10 % BGF
<b>Netto-Grundfläche (NGF)</b>	Hotelzimmer, Gastronomiebereich, Küchenbereich und Diensträume, Tagungs- und Konferenzräume, Verwaltungsbereich, Freizeitbereiche, Verkehrsfläche und technische Bereiche	15980	90 % BGF
<b>technische Funktionsfläche (FF)</b>	technische Bereiche*	1776	10 % BGF
<b>Verkehrsfläche (VF)</b>	Verkehrsflächen*	2663	15 % BGF
<b>Nutzfläche (HNF)</b>	Hotelzimmer, Gastronomiebereich, Küchenbereich und Diensträume, Tagungs- und Konferenzräume, Verwaltungsbereiche und Freizeitbereiche	11541	65 % BGF

Tabelle 44: Flächenverhältnisse des Ausführungsmodells gemäß DIN 277

\*Zur Bestimmung der Fläche der technischen Bereiche und der Verkehrsfläche sind hier die überwiegend vorhandenen Prozent-Anteile bei den erfassten Stadthotels eingesetzt

### **3.6. Das Energieberechnungsprogramm ZUB-Helena**

Die energetische Untersuchung wird mittels des Programms ZUB-Helena durchgeführt. Das Programm ZUB-Helena ist eine Planungs- und Beratungssoftware von EPASS-HELENA. Es wurde auf Grundlagen der Energieeinsparverordnung EnEV und der deutschen Normen DIN aufgebaut.

#### **3.6.1. Überblick über die Struktur des Programms**

Das Programm ermöglicht eine energetische Berechnung für Wohn- und Nichtwohngebäude, darunter fallen auch die Hotels als Nichtwohngebäude. Die Durchführung der energetischen Berechnung erfolgt durch die Bestimmung von verschiedenen Parametern, die sich grundlegend in zwei Bereiche gliedern: Bautechnik und Anlagentechnik

##### **- Bautechnik**

Im Rahmen der Bautechnik sind umfassende Angaben und Randbedingungen zu berücksichtigen. Diese sind in drei Bereiche aufzuteilen:

- **Gebäudezonen:** der Bereich Gebäudezonen dient dazu, das Nutzungsprofil des Gebäudes gemäß DIN V 18599-10 zu bestimmen. Dabei werden die Nutzungsbereiche der Hotels wie Hotelzimmer, Restaurant, Küchenbereich, Tagungs-, und Seminarräume, usw. mittels des Programms erfasst. Weitere Parameter beziehen sich hier darauf, die Randbedingungen für Heizung, Warmwasser, Kühlung- und Lüftung einschließlich der Beleuchtung dieser Bereiche zu ermitteln.
- **Bauteile:** der Bereich Bauteile bezieht sich auf die Bestimmung der energetischen Qualität der Gebäudehülle. Dabei werden festgelegte Parameter für die Bauteile Außen- und Innenwände, Dächer, Fuß- und Erdboden, Fenster und Türe in Erwägung gezogen.
- **Geschosse, Raumgruppen und Räume:** dieser Bereich dient schließlich zur Verteilung der unterschiedlichen Nutzungen und Räumlichkeiten auf die geplanten Ebenen des Gebäudes.

##### **- Anlagentechnik**

Die Anlagentechnik kategorisiert den zweiten Hauptbestandteil des Programms und bezieht sich auf die gesamten technischen Ausrüstungen des Gebäudes. Dieser Bereich hat die Funktion, die Parameter der technischen Anlagen wie Wärmeversorgungssystem (Heizung, Warmwasser), Lüftungs- und Klimaanlage, zu bestimmen. Dabei sind Angaben von verschiedenen Bestandteilen der jeweiligen technischen Anlage ausgehend von Energieerzeugungssystem und Energieverteilungssystem bis hin zum Energieabgabesystem zu berücksichtigen. Weiterhin verfügt das Programm über weitere Funktionen von Berechnungsverfahren zur Wirtschaftlichkeit bis hin zum Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz EEWärmeG. Darüber hinaus ist das Programm mit einem Sanierungsassistent ausgestattet, welcher zur energetischen Bewertung von Sanierungsmaßnahmen dient.<sup>99</sup>

---

<sup>99</sup> Vgl. ZUB Systems GmbH (2012)

### **3.7. Ausführung der energetischen Berechnung**

Die energetische Berechnung wird mittels der im (Abschnitt 3.2) erläuterten Methodik ausgeführt. Dabei werden die Energiesparpotenziale bei den betrachteten EnEV-Hotelvarianten anhand von drei Szenarien ermittelt: Szenario1 (Schwerpunkt: Optimierung der Gebäudehülle), Szenario2 (Schwerpunkt: Optimierung der Gebäudetechnik) und Szenario3 (Schwerpunkt: Optimierung der Gesamthotelbetrieb). Im Rahmen der Szenarien1 und 2 werden weiterhin zusätzliche Fallstudien zur Berechnung herangezogen. Diese beziehen sich auf die Beurteilung der Energiesparpotenziale durch die Optimierung der einzelnen Bestandteile der Gebäudehülle und Gebäudetechnik.

Im Szenario1 wird somit neben der Bestimmung der Energiesparpotenziale durch die Optimierung der gesamten Gebäudehülle gemäß den EnEV-Anforderungen ebenso die mögliche Energieeinsparung durch die Optimierung der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle ermittelt. Zur Folge gliedert sich das Szenario1 in folgende Fallstudien:

- Fallstudie1: Optimierung der energetischen Qualität der transparenten Bauteile der Gebäudehülle (Fenster).
- Fallstudie2: Optimierung der energetischen Qualität der Gebäudehülle hinsichtlich der Bauteile: Außenwände, Dächer, Wände gegen Erdreich, Bodenplatte, Wände und Decken zu unbeheizten Räumen (Verbesserung der Dämmung).
- Fallstudie3: Optimierung der energetischen Qualität der gesamten Gebäudehülle

Hinweis: bei jeweiliger Fallstudie werden die gemäß der EnEV vorgeschriebenen Werte für die Gebäudedichtheit in Betracht gezogen und bei der Berechnung berücksichtigt.

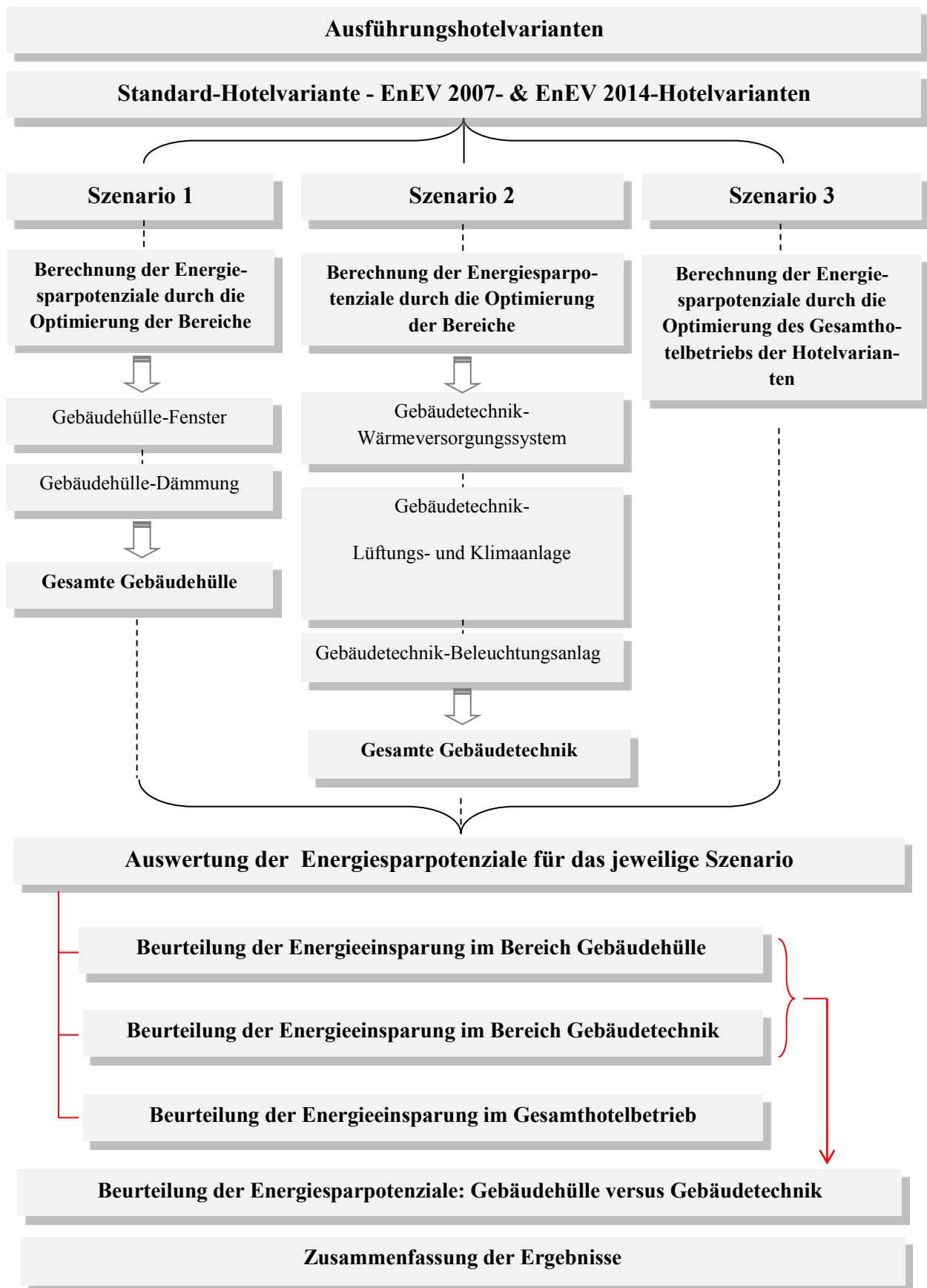
Im Szenario2 werden die Energiesparpotenziale sowohl durch die Optimierung der gesamten Gebäudetechnik als auch durch die Verbesserung der einzelnen technischen Anlage gemäß den EnEV-Anforderungen ermittelt und beurteilt. Dabei unterteilt sich das Szenario2 in:

- Fallstudie1: Optimierung der Beleuchtungsanlage
- Fallstudie2: Optimierung der Lüftungs- und Klimaanlage
- Fallstudie3: Optimierung des Wärmeversorgungssystems
- Fallstudie4: Optimierung der Gesamten Gebäudetechnik

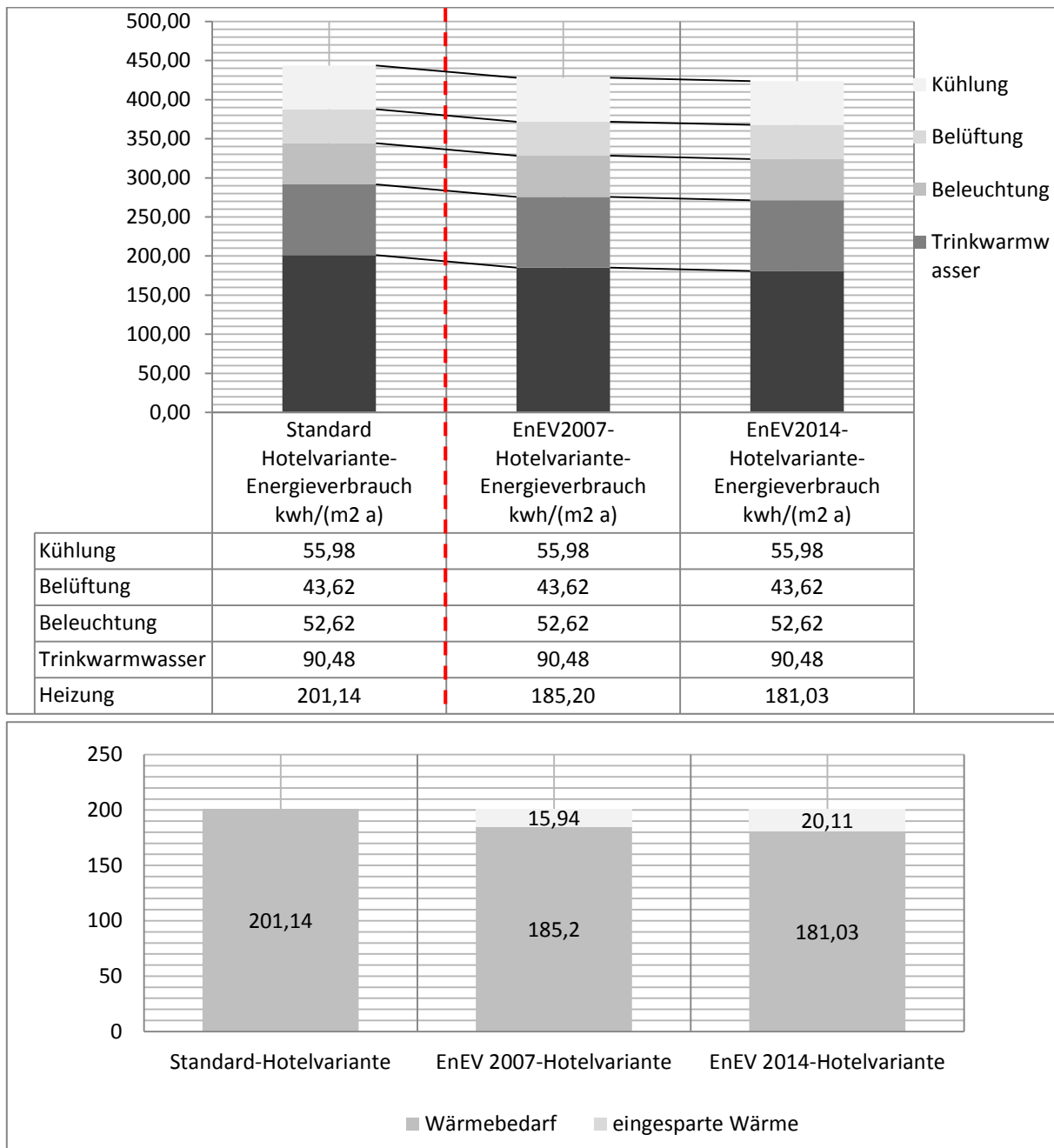
Nach der Fertigstellung der energetischen Berechnung für die Szenarien 1 und 2 werden die Gebäudetechnik und die Gebäudehülle bezogen auf die erzielten Energiesparpotenziale zum Vergleich herangezogen und ausgewertet.

Anschließend werden im Szenario3 die Energiesparpotenziale durch die Verbesserung des Gesamthotelbetriebs (Gebäudehülle und Gebäudetechnik) für die jeweilige EnEV-Hotelvariante identifiziert. In diesem Szenario handelt es sich mehr um den Vergleich zwischen den betrachteten EnEV-Hotelvarianten hinsichtlich der Energiesparpotenziale. Dies ermöglicht im Anschluss, den Einfluss der Verschärfung der EnEV-Anforderungen (EnEV2007 und EnEV2014) auf die Verminderung des Energiebedarfs bei Hotels einzuschätzen.

### 3.7.1. Methodik zur Ausführung der energetischen Berechnung



## Szenario 1: Fallstudie1: Optimierung der energetischen Qualität der Gebäudehülle bezüglich der transparenten Bauteile (Fenster).



### Wärmeeinsparung durch die Optimierung der Fenster nach EnEV:

Standard-Hotelvariante: 201,14 kWh/(m² a)

EnEV2007-Hotelvariante: 185,20 kWh/(m² a)

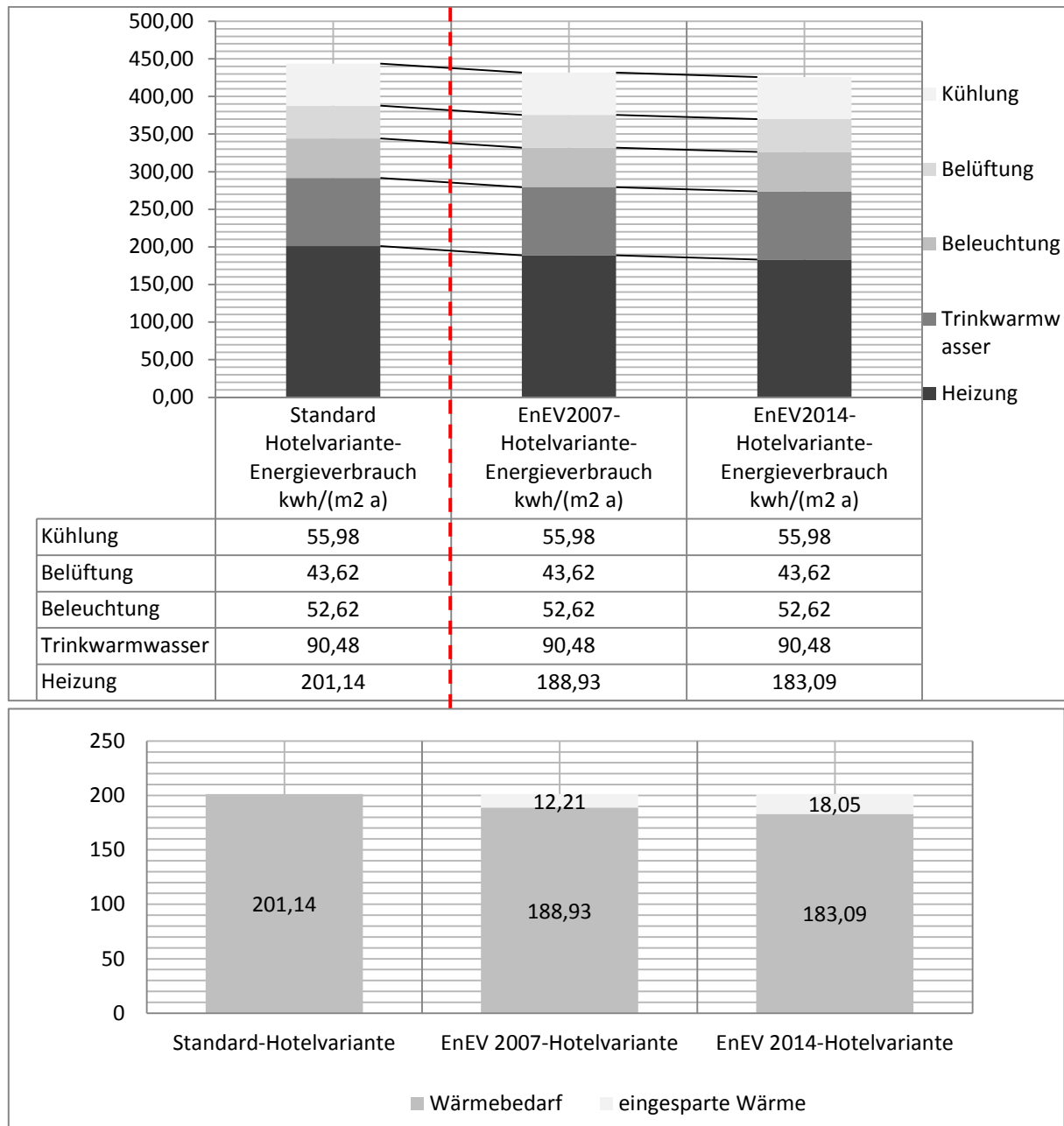
EnEV2014-Hotelvariante: 181,03 kWh/(m² a)

eingespart: 15,94 kWh/(m² a)

eingespart: 20,11 kWh/(m² a)

Abbildung 39: Energiesparpotenziale durch die Optimierung der energetischen Qualität der Gebäudehülle bezüglich der transparenten Bauteile (Fenster)

**Szenario 1: Fallstudie2:** Optimierung der energetischen Qualität der Gebäudehülle hinsichtlich der Bauteile: Außenwände, Dächer, Wände gegen Erdreich, Bodenplatte, Wände und Decken zu unbeheizten Räumen (Verbesserung der Dämmung).



**Wärmeeinsparung durch die Optimierung der Dämmung nach EnEV:**

Standard-Hotelvariante: 201,14 kwh/(m<sup>2</sup> a)

EnEV2007-Hotelvariante: 188,93 kwh/(m<sup>2</sup> a)

EnEV2014-Hotelvariante: 183,09 kwh/(m<sup>2</sup> a)

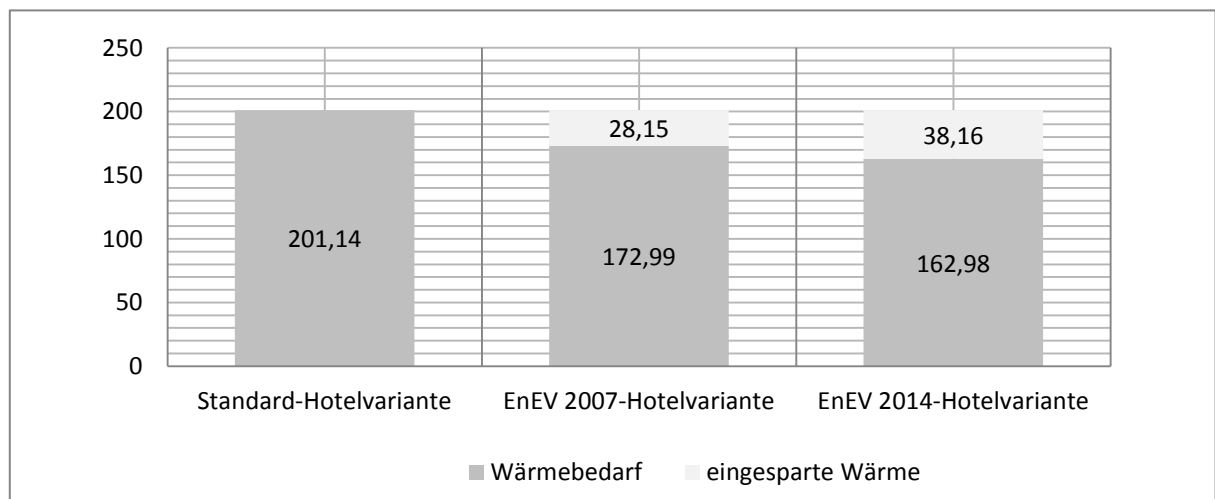
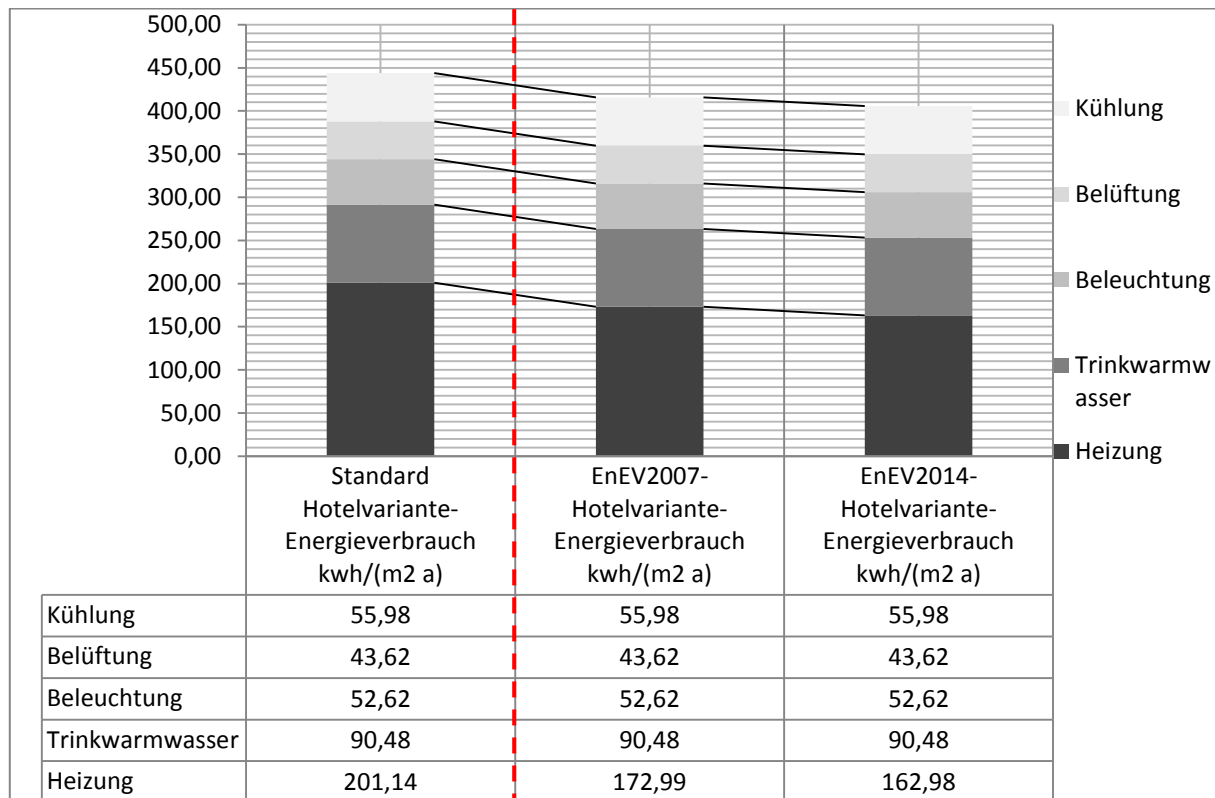
eingespart: 12,21 kwh/(m<sup>2</sup> a)

eingespart: 18,05 kwh/(m<sup>2</sup> a)

Abbildung 40: Energiesparpotenziale durch die Optimierung der energetischen Qualität der Gebäudehülle bezüglich der Dämmung



## Szenario 1: Fallstudie3: Optimierung der energetischen Qualität der gesamten Gebäudehülle.



### Wärmeeinsparung durch die Optimierung der Gebäudehülle nach EnEV:

Standard-Hotelvariante: 201,14 kwh/(m<sup>2</sup> a)

EnEV2007-Hotelvariante: 172,99 kwh/(m<sup>2</sup> a)

EnEV2014-Hotelvariante: 162,98 kwh/(m<sup>2</sup> a)

eingespart: 28,15 kwh/(m<sup>2</sup> a)

eingespart: 38,16 kwh/(m<sup>2</sup> a)

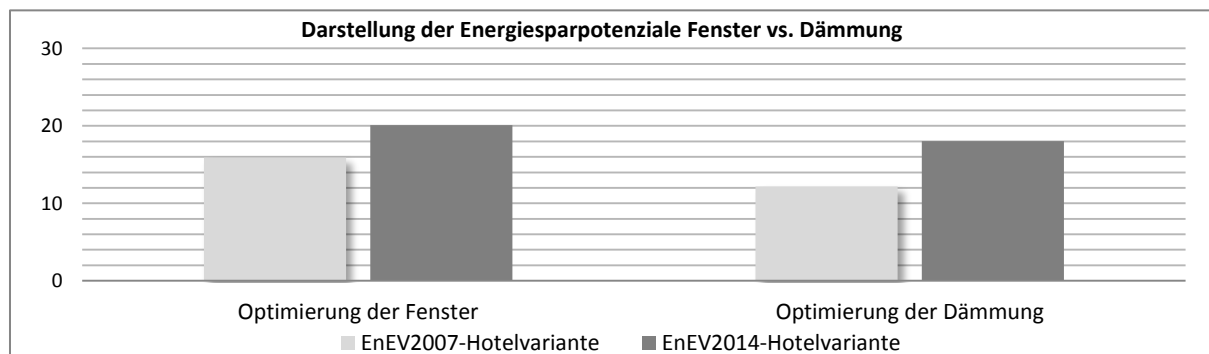
Abbildung 41: Energiesparpotenziale durch die Optimierung der energetischen Qualität der gesamten Gebäudehülle

### 3.7.2. Interpretation der Ergebnisse der energetischen Untersuchung im Bereich Gebäudehülle

Die dargestellten Diagramme geben Auskunft über die Energiesparpotenziale, die durch die Optimierung der Gebäudehülle der Hotels gemäß den EnEV-Anforderungen realisiert werden können. Dabei werden grundsätzlich Wärmeeinsparungen erzielt.

- **Beobachtung1: Optimierung der einzelnen Bauteile**

In Hinblick auf die Ergebnisse der energetischen Untersuchung bezogen auf die Verbesserung der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle (Fenster- Dämmung) ist zu bemerken, dass die betrachteten Bauteile abweichende Werte zur Wärmeeinsparung aufzeigen. Dabei weist die Optimierung der U-Werte der Fenster höhere Wirksamkeiten auf die Verringerung des Wärmebedarfs in den Hotels gegenüber der Optimierung der U-Werte der Dämmung auf. Dies ist schließlich hinsichtlich der beiden analysierten EnEV-Hotelvarianten festzuhalten (Abb.42).



Wärmesparpotenziale	EnEV2007-Hotelvariante	EnEV2014-Hotelvariante
Optimierung der Fenster	15,94 kWh/(m² a)	20,11 kWh/(m² a)
Optimierung der Dämmung	12,21 kWh/(m² a)	18,05 kWh/(m² a)

Abbildung 42: Energiesparpotenziale-Fenster vs. Dämmung

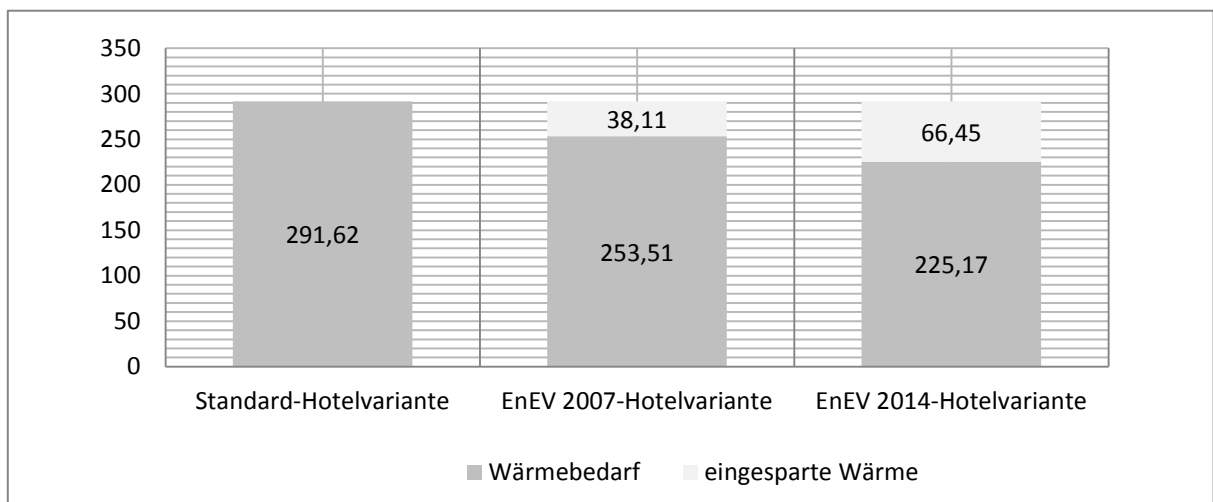
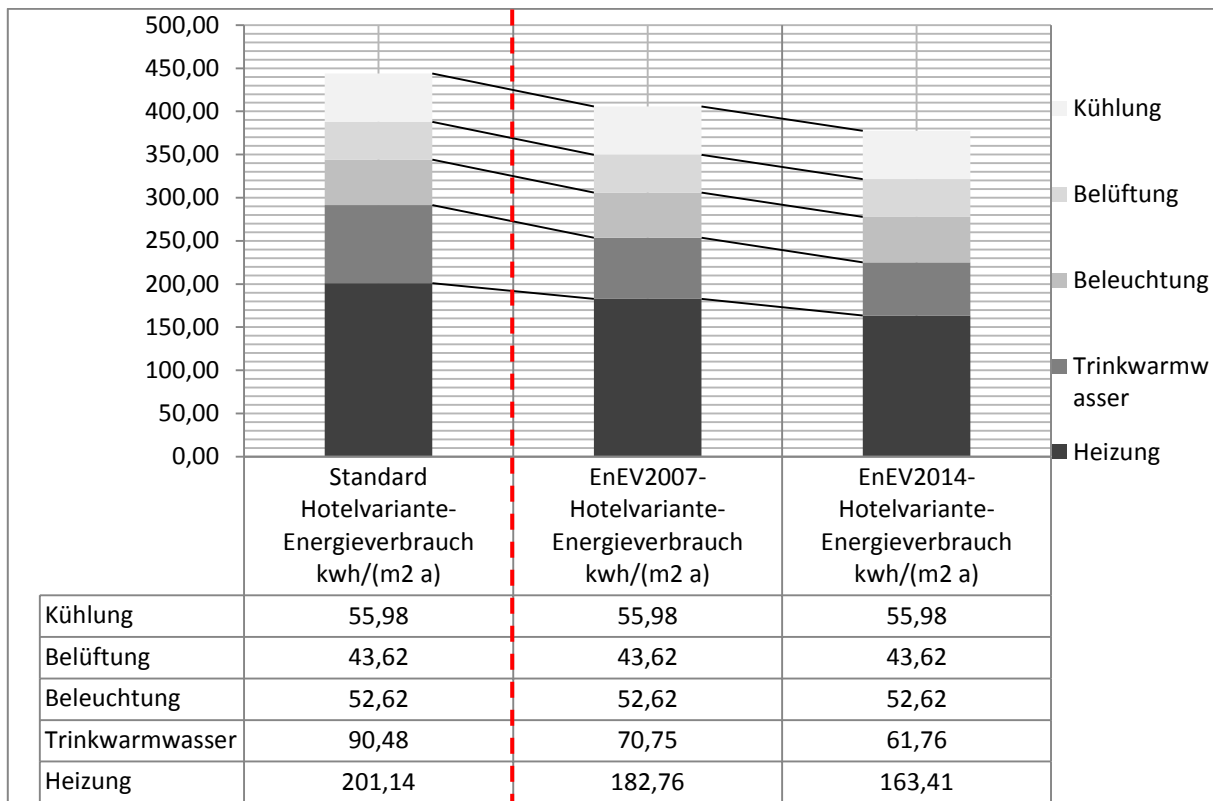
- **Beobachtung2: Optimierung der gesamten Gebäudehülle**

Durch die Optimierung der gesamten Gebäudehülle der EnEV2007-Hotelvariante können Wärmeeinsparungen in Höhe von 28,15 KWh/(m² a) erzielt werden, was 13,99 % des gesamten Wärmebedarfs der Standard-Hotelvariante ausmacht. Dieser Wert erhöht sich bei der EnEV2014-Hotelvariante weiter und erreicht schließlich 38,16 KWh/(m² a) = 18,97 % des gesamten Wärmebedarfs der Standard-Hotelvariante. Die erzielten Wärmeeinsparungen bei den EnEV-Hotelvarianten sind schließlich auf die verschärften Anforderungen der EnEV an die Gebäudehülle gegenüber der Standard-Hotelvariante zurückzuführen, die sich vorwiegend auf die Optimierung der U-Werte der Bauteile der Gebäudehülle konzentrieren (Tab.45).

Bauteile	Standard-Hotelvariante	EnEV2007-Hotelvariante	EnEV2014-Hotelvariante
Außenwände	U = 0,35 W/(m².K)	U = 0,35 W/(m².K)	U = 0,28 W/(m².K)
Wand gegen Erdreich, Bodenplatte, Wände und Decken zu unbeheizten Räumen	U = 0,50 W/(m².K)	U = 0,40 W/(m².K)	U = 0,35 W/(m².K)
Dach	U = 0,45 W/(m².K)	U = 0,25 W/(m².K)	U = 0,20 W/(m².K)
Fenster	U = 2,7 W/(m².K)	U = 1,7 W/(m².K)	U = 1,3 W/(m².K)

Tabelle 45: U-Werte der Bauteile der Gebäudehülle der untersuchten Hotelvarianten

## Szenario 2: Fallstudie1: Optimierung des Wärmeversorgungssystems



### Wärmeeinsparung durch die Optimierung des Wärmeversorgungssystems:

Standard-Hotelvariante: 291,62 kwh/(m<sup>2</sup> a)

EnEV2007-Hotelvariante: 253,51 kwh/(m<sup>2</sup> a)

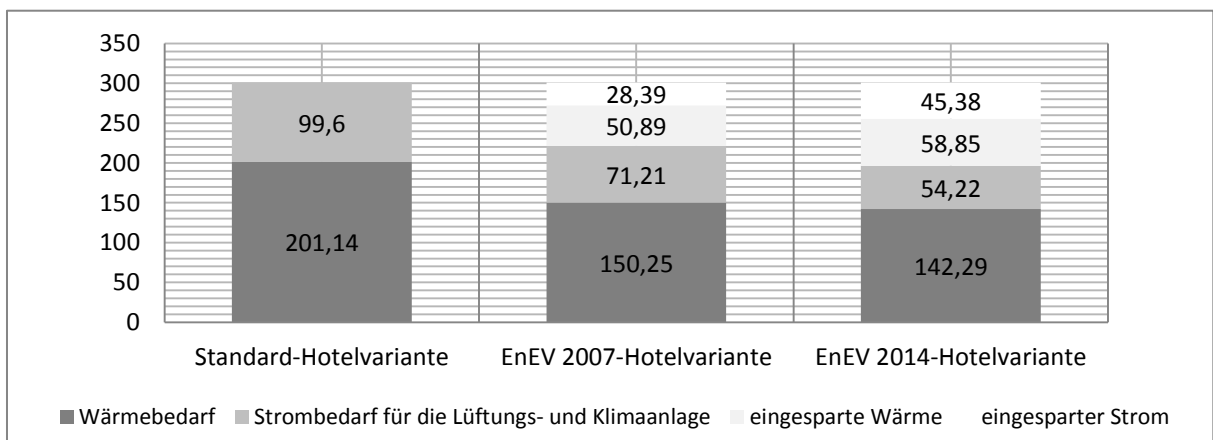
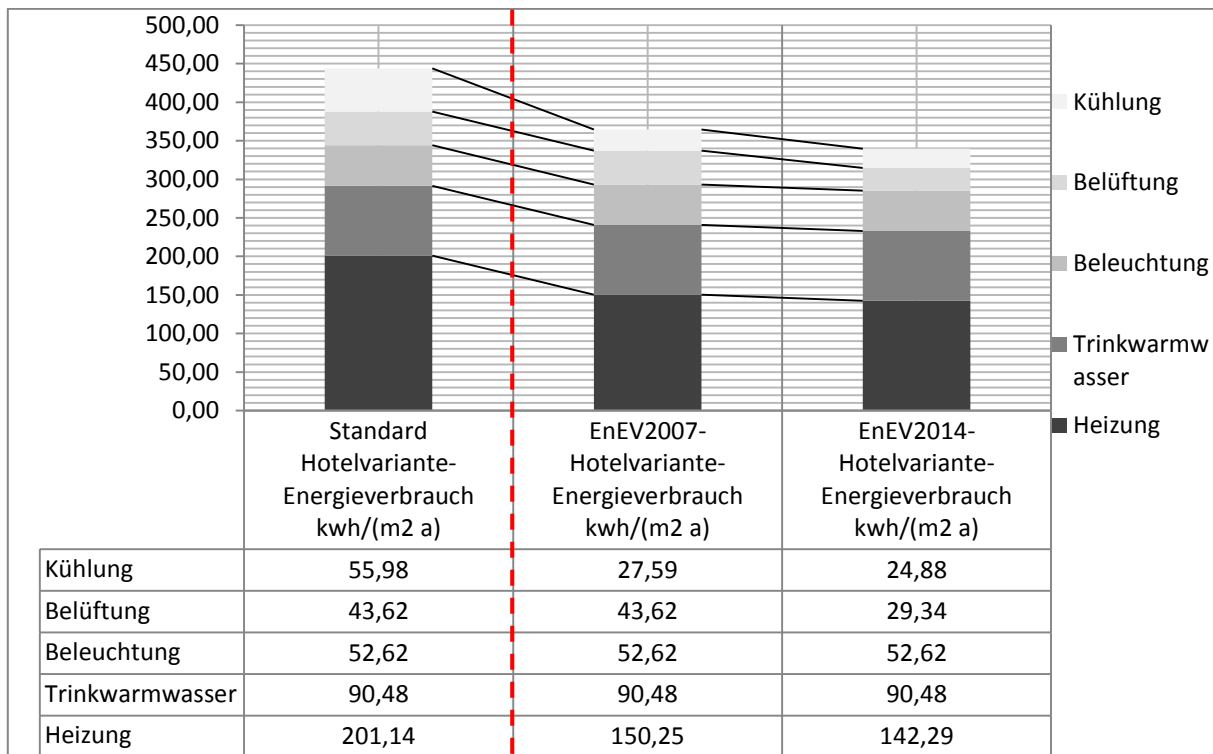
EnEV2014-Hotelvariante: 225,17 kwh/(m<sup>2</sup> a)

eingespart: 38,11 kwh/(m<sup>2</sup> a)

eingespart: 66,45 kwh/(m<sup>2</sup> a)

Abbildung 43: Energiesparpotenziale durch die Optimierung des Wärmeversorgungssystems

## Szenario 2: Fallstudie2: Optimierung der Lüftungs- und Klimaanlage



### Energieeinsparung durch die Optimierung der Lüftungs- und Klimaanlage EnEV:

Standard-Hotelvariante: Wärmebedarf: 201,14 kWh/(m² a) Strombedarf: 99,60 kWh/(m² a)

EnEV2007-Hotelvariante: Wärme: 150,25 kWh/(m² a) Strom: 71,21 kWh/(m² a)

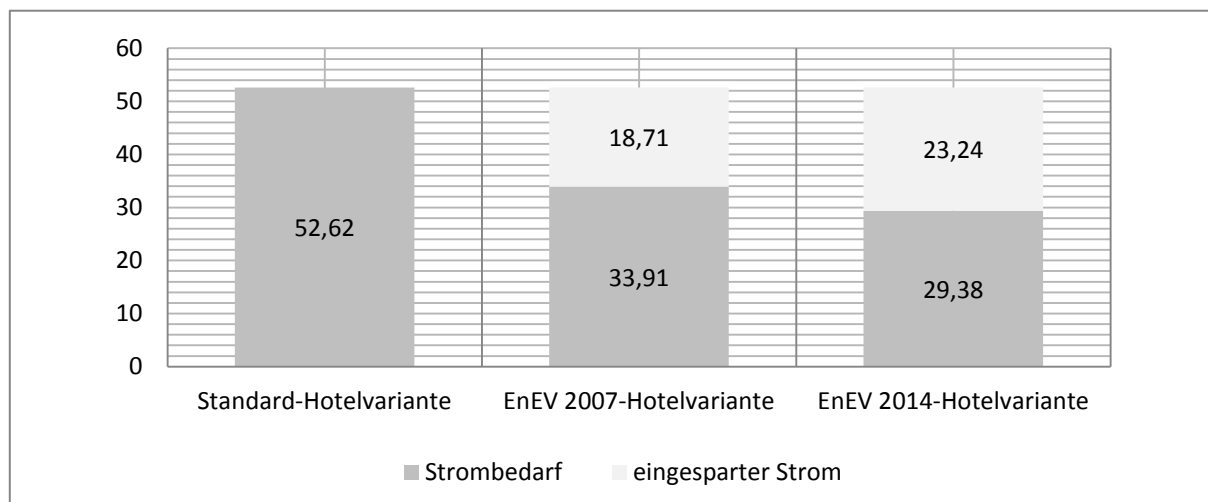
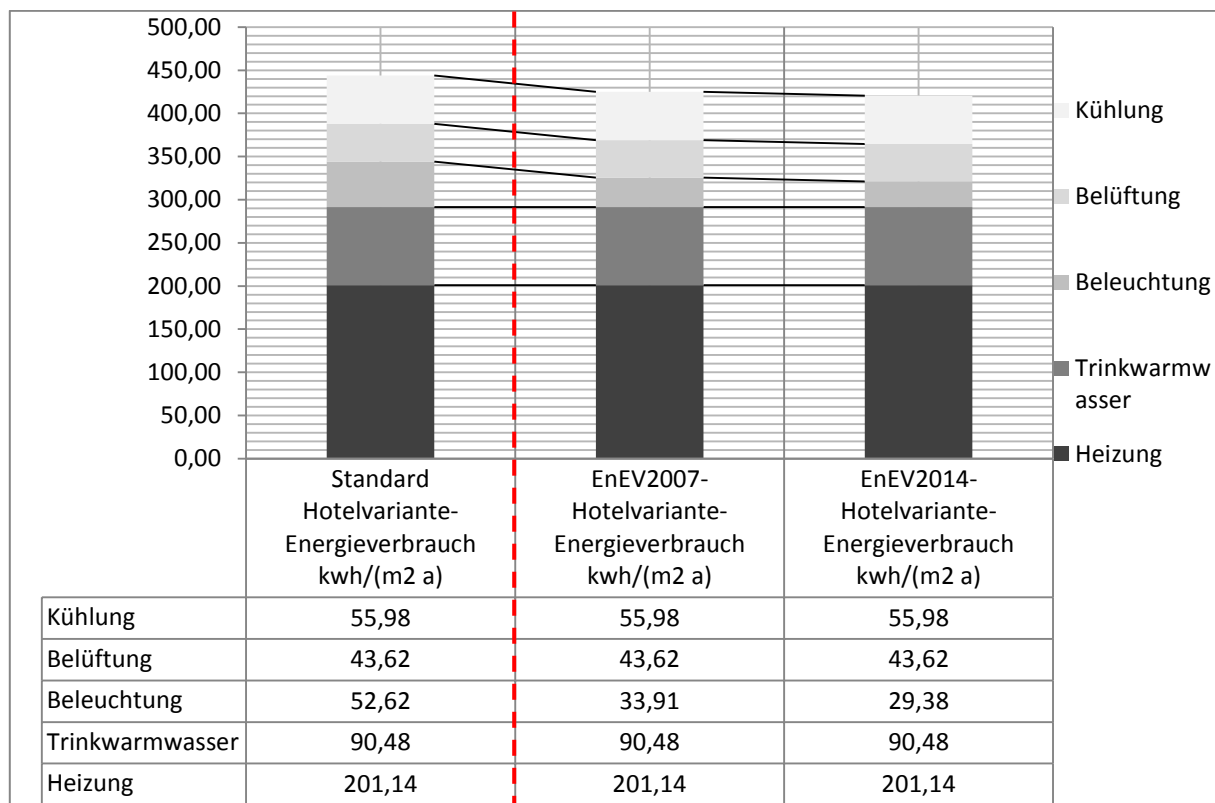
eingesparte Wärme: 50,89 kWh/(m² a) eingesparter Strom: 28,39 kWh/(m² a)

EnEV2014-Hotelvariante: Wärme: 142,29 kWh/(m² a) Strom: 54,22 kWh/(m² a)

eingesparte Wärme: 58,85 kWh/(m² a) eingesparter Strom: 45,38 kWh/(m² a)

Abbildung 44: Energiesparpotenziale durch die Optimierung der Lüftungsanlage

## Szenario 2: Fallstudie3: Optimierung der Beleuchtungsanlage



### **Stromeinsparung durch die Optimierung der Beleuchtungsanlage nach EnEV:**

Standard-Hotelvariante: 52,62 kwh/(m² a)

EnEV2007-Hotelvariante: 33,91 kwh/(m2 a)

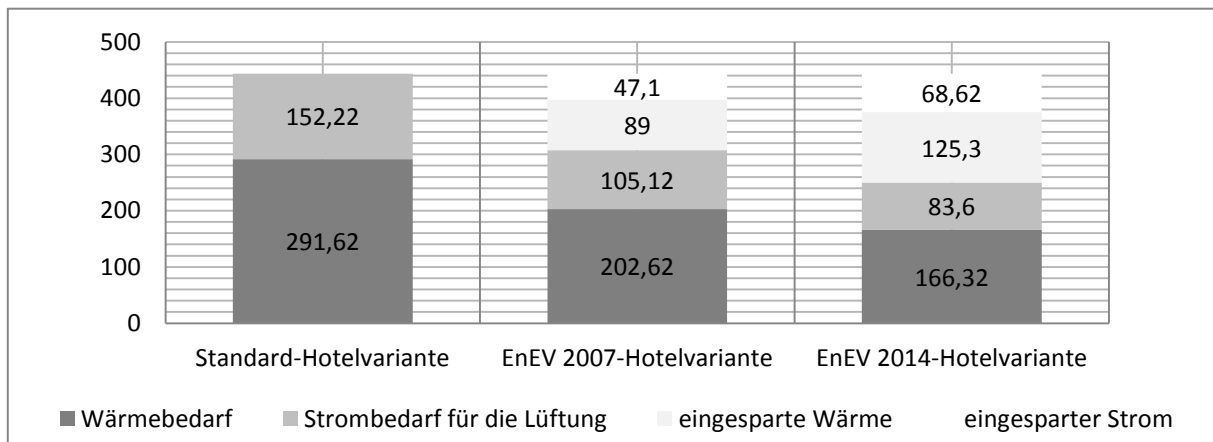
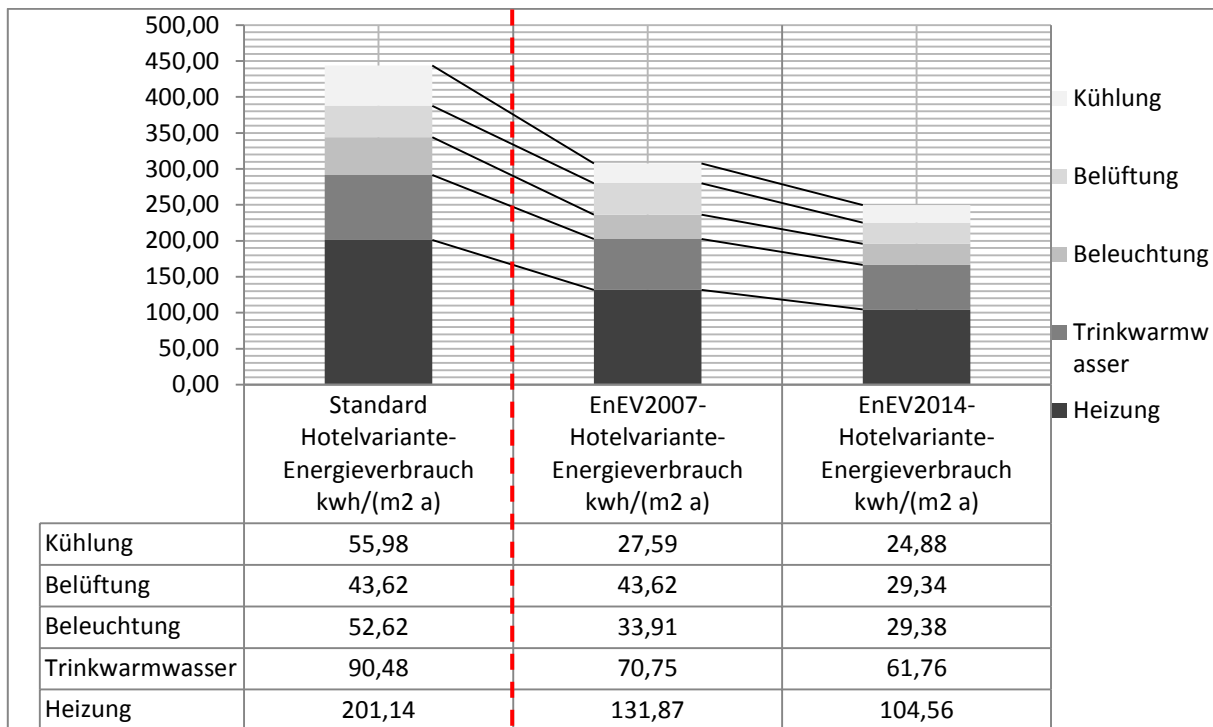
EnEV2014-Hotelvariante: 29,38 kwh/(m2 a)

eingespart: 18,71 kwh/(m2 a)

eingespart: 23,24 kwh/(m2 a)

Abbildung 45: Energiesparpotenziale durch die Optimierung der Beleuchtungsanlage

## Szenario 2: Fallstudie 4: Optimierung der gesamten Gebäudetechnik



### Energieeinsparung durch die Optimierung der Gebäudetechnik nach EnEV:

Standard-Hotelvariante: Wärmebedarf: 291,62 kWh/(m² a) Strombedarf: 152,22 kWh/(m² a)

EnEV2007-Hotelvariante: Wärme: 202,62 kWh/(m² a) Strom: 105,12 kWh/(m² a)

eingesparte Wärme: 89,00 kWh/(m² a) eingesparter Strom: 47,10 kWh/(m² a)

EnEV2014-Hotelvariante: Wärme: 166,32 kWh/(m² a) Strom: 83,60 kWh/(m² a)

eingesparte Wärme: 125,30 kWh/(m² a) eingesparter Strom: 68,62 kWh/(m² a)

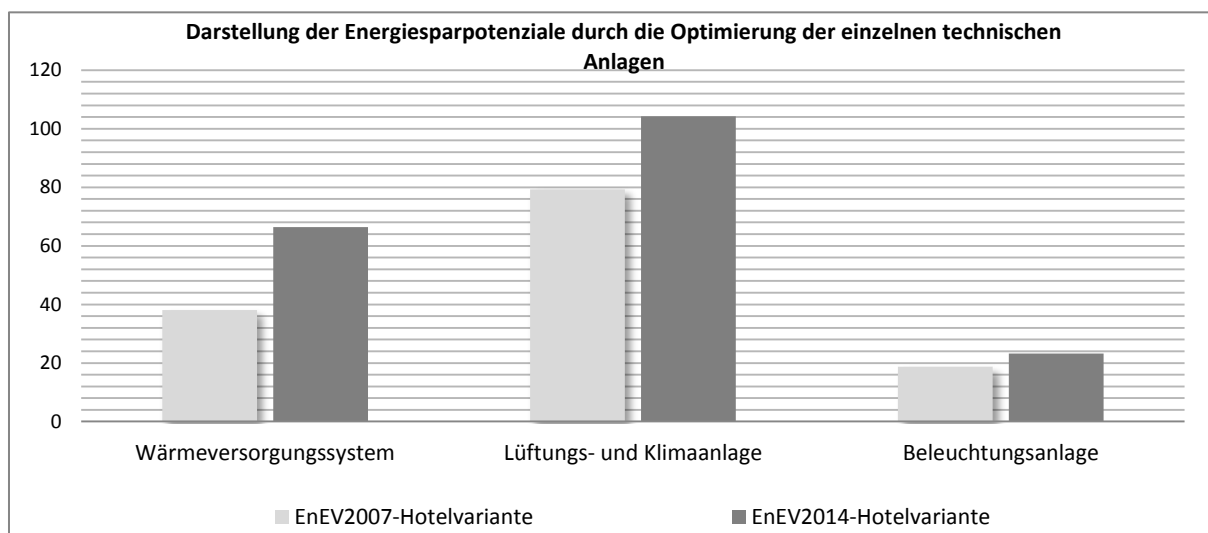
Abbildung 46: Energiesparpotenziale durch die Optimierung der gesamten Gebäudetechnik

### 3.7.3. Interpretation der Ergebnisse der energetischen Untersuchung im Bereich Gebäudetechnik

Die vorliegenden Diagramme machen die Energiesparpotenziale durch die Verbesserung der Gebäudetechnik der Hotels gemäß den EnEV-Anforderungen kenntlich. Die Untersuchung wurde in zwei Phasen durchgeführt. In der ersten Phase wurden die Energiesparpotenziale durch die Optimierung der einzelnen technischen Anlagen berechnet und dargestellt. In der zweiten Phase wurden die Energiesparpotenziale betreffend der Optimierung der gesamten Gebäudetechnik ermittelt.

- **Beobachtung1: Optimierung der einzelnen technischen Anlagen**

Anhand der Ergebnisse der ersten Phase der Untersuchung lässt sich schlussfolgern, dass die Verbesserung der einzelnen technischen Anlagen der Hotels gemäß den EnEV-Anforderungen abweichende Potenziale zur Energieeinsparung aufweist. Dabei zeigt die Optimierung der Lüftungs- und Klimaanlage und des Wärmeversorgungssystems auf, dass sie deutlich höhere Wirksamkeit auf die Verringerung des Energiebedarfs der Hotels gegenüber der Verbesserung der Beleuchtungsanlage besitzen (Abb.47).



Energieeinsparung bei:	EnEV2007-Hotelvariante		EnEV2014-Hotelvariante	
Wärmeversorgungssystem	Wärme 38,11 kwh/(m2 a)		Wärme 66,45 kwh/(m2 a)	
Lüftungs- und Klimaanlage	Wärme	Strom	Wärme	Strom
	50,89 kwh/(m2 a)	28,39 kwh/(m2 a)	58,85 kwh/(m2 a)	45,38 kwh/(m2 a)
	Summe: 79,28 kwh/(m2 a)		Summe: 104,23 kwh/(m2 a)	
Beleuchtungsanlage	Strom		Strom	
	18,71 kwh/(m2 a)		23,24 kwh/(m2 a)	

Abbildung 47: Energiesparpotenziale durch die Optimierung der einzelnen technischen Anlagen

Die höchste Energieeinsparung wird durch die Optimierung der Lüftungs- und Klimaanlage realisiert. Hier werden Wärme- und Stromeinsparungen erzielt. Die Wärmeeinsparung wird grundsätzlich durch die Ausstattung der Lüftungsanlage mit einer Wärmerückgewinnung ermöglicht. Die Stromeinsparung wird zum einen im Bereich Lufttechnik durch die Optimierung der spezifischen Leistungsaufnahme der Ventilatoren und durch die Ausführung von

bedarfsabhängiger Luftvolumenstromregelung gemäß DIN V 18599-7: 2011-12 realisiert (Tab.46).

Standard-Hotelvariante	EnEV2007-Hotelvariante	EnEV2014-Hotelvariante
Zentrale Zu- und Abluftanlage ohne Wärmerückgewinnung	-Zentrale Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung über Kreislaufverbund-Kompaktwärmeübertrager. -Keine Regelung vorgeschrieben <u>spezifische Leistungsaufnahme</u> Zuluftventilator PSFP=1,6 kW/(m³/s) Abluftventilator PSFP=1,25 kW/(m³/s)	-Zentrale Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung über Plattenwärmeübertrager (Kreuzgegenstrom) -Regelung der Lüftungsanlage gemäß DIN V 18599-7: 2011-12 Abschnitt 5.8.1 <u>Spezifische Leistungsaufnahme</u> Zuluftventilator $P_{SFP} = 1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ Abluftventilator $P_{SFP} = 1,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$

Tabelle 46: Merkmale der Hotelvarianten im Bereich Lüftungsanlage, i.A.a. Standard und EnEV-Anforderungen

Und zum anderen im Bereich Kühltechnik durch die Verbesserung des Kältesystem-Typs sowie durch die verschärften EnEV-Anforderungen an die Technik der Anlage insbesondere der elektrischen Aufnahmeleistung der Pumpe im Auslegungspunkt in den Bereichen Kälteerzeuger und Kaltwasserkreis verwirklicht.

Mit Fokus auf die Wärmerückgewinnung schreiben die betrachteten EnEV-Versionen unterschiedliche Arten von Wärmerückgewinnungseinheiten vor. Bei der EnEV2007-Hotelvariante kommt der Kreislaufverbund-Kompaktwärmeübertrager zum Einsatz, während bei der EnEV2014-Hotelvariante die Wärmerückgewinnung über Plattenwärmeübertrager (Kreuzgegenstrom) festgelegt wurde. Laut Literaturangaben, weist der Plattenwärmeübertrager (Kreuzgegenstrom) im Regelfall einen höheren Nutzungsgrad gegenüber dem Kreislaufverbund-Kompaktwärmeübertrager auf. Dabei liegt der Nutzungsgrad des Plattenwärmeübertragers (Kreuzgegenstrom) bei 65%, während bei Kreislaufverbund-Kompaktwärmeübertrager lediglich 40% erreicht.<sup>100</sup> Dies führt schließlich dazu, dass bei der EnEV2014-Hotelvariante höhere Wärmesparpotenziale im Vergleich zu der EnEV2007-Hotelvariante im Bereich der Lüftungs- und Klimaanlage realisiert werden können. In diesem Zusammenhang ist jedoch darauf hinzuweisen, dass bei der Installation von einer Wärmerückgewinnungseinheit im Kellerraum des Gebäudes genügend Fläche für die Installation zur Verfügung gestellt werden muss, z.B. Bei Plattenwärmeübertragern sollte ausreichend Platz zwischen dem Gerät und allen anderen im Raum stehenden Geräten geschaffen werden, um Wartungs- und Servicearbeiten problemlos durchführen zu können.<sup>101</sup>

Weitere hohe Potenziale zur Verminderung des Wärmebedarfs im Bereich Gebäudetechnik der Hotels kann durch die Verbesserung des Wärmeversorgungssystems erzielt werden. Die Untersuchung weist darauf hin, dass ca. 38,11 kwh/(m² a) Wärmeeinsparung durch die Umsetzung der EnEV2007-Anforderungen an das Wärmeversorgungssystem der Hotels erwirtschaftet werden können. Diese ergibt sich hauptsächlich aus der Optimierung des Wärmeerzeugers des Systems. Die Untersuchung weist darüber hinaus auf, dass weitere Wärmesparpotenziale durch die Verbesserung des Wärmeversorgungssystems der Hotels gemäß den EnEV2014-Anforderungen realisiert werden können. Dabei liegt die Einsparung bei 66,45 kwh/(m² a). Die Steigerung der Wärmeeinsparung bei der EnEV2014-Hotelvariante ist

<sup>100</sup> Vgl. (Thomas Bednar, 2012, S. 33)

<sup>101</sup> Plattenwärmetauscher, Betriebs- und Installationsanleitung (2015)



schließlich auf die verschärften Anforderungen der EnEV2014 an die verschiedenen Bestandteile des Systems zurückzuführen (Tab.47).

<b>Die wichtigsten Unterschiede bei den Anforderungen der jeweiligen Hotelvariante</b>			
	Standard-Hotelvariante	EnEV2007-Hotelvariante	EnEV2014-Hotelvariante
<b>Wärmeerzeuger</b>	Fernwärme	Niedertemperaturkessel, Erdgas	Brennwertkessel „verbessert“ nach DIN V 18599-5, Heizöl EL
<b>Wärmeübergabe</b>	Heizkörper, P-Regler (2K)	Heizkörper, P-Regler (2K)	Heizkörper, P-Regler (1K)
<b>Warmwassererzeuger</b>	Über Wärmeerzeuger der Heizung	Über Wärmeerzeuger der Heizung	Solaranlage mit Flachkollektor, Restbedarf über Wärmeerzeuger der Heizung
<b>Warmwasserspeicher</b>	indirekt beheizter Speicher	indirekt beheizter Speicher	Bivalenter Warmwasserspeicher

Tabelle 47: Merkmale der Hotelvarianten im Bereich Wärmeversorgungssystem, i.A.a. Standard und EnEV-Anforderungen

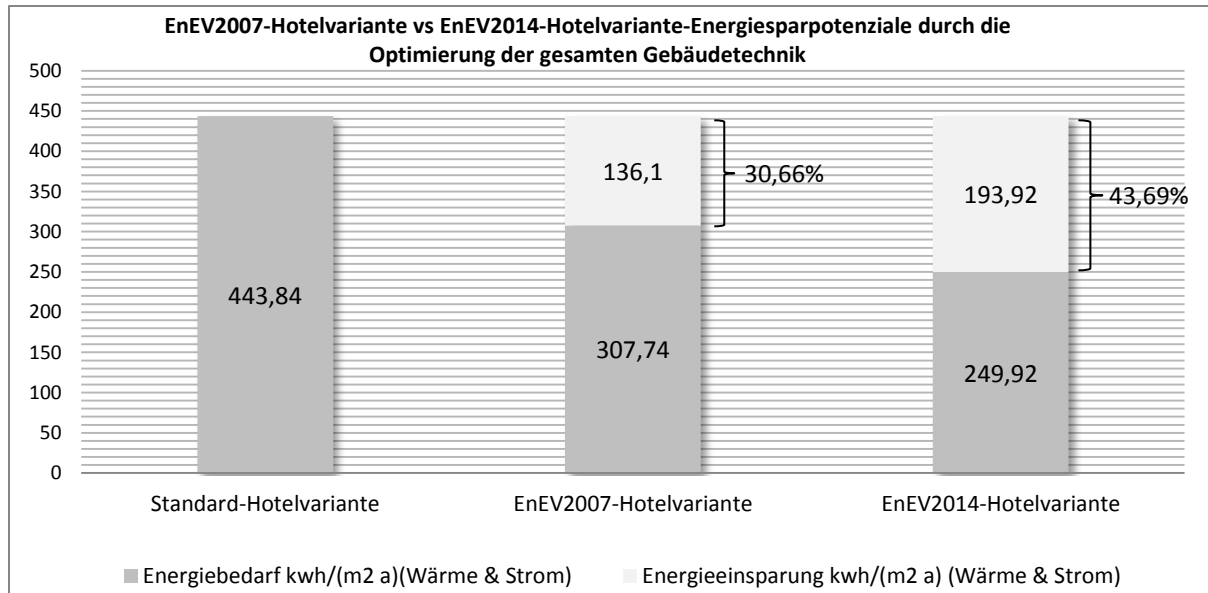
Neben den bereits erwähnten technischen Anlagen können darüber hinaus weitere Energieeinsparungen im Bereich Gebäudetechnik durch die Optimierung der Beleuchtungsanlagen der Hotels gemäß den EnEV-Anforderungen generiert werden. Dabei beträgt die Stromeinsparung 18,71 kwh/(m<sup>2</sup> a) (EnEV2007-Hotelvariante) und 23,24 kwh/(m<sup>2</sup> a) (EnEV2014-Hotelvariante). Bei der EnEV2007-Hotelvariante ergibt sich die Stromeinsparung grundlegend durch die Verbesserung der Leuchtmittel der Anlage, während bei der EnEV2014-Hotelvariante sowohl die Optimierung der Leuchtmittel als auch die weiter verschärften Anforderungen der EnEV2014 betreffend der Beleuchtungsart und der Steuerung der Anlage für die Einsparung verantwortlich sind (Tab.48).

	Standard-Hotelvariante	EnEV2007-Hotelvariante	EnEV2014-Hotelvariante
<b>Beleuchtungsart</b>	- direkt/indirekt - Art der Beleuchtung: Wie bei Referenzgebäude (untersuchte Hotels)	- direkte Beleuchtung mit verlustarmen Vorschaltgerät (Energiesparlampen, stabförmige Leuchtstofflampen)	- Beleuchtungsart definiert Nach Tabelle 5 der DIN V 18599-10: 2011-12 - Leuchtmittel mit elektronischem Vorschaltgerät - (Energiesparlampen, stabförmige Leuchtstofflampen)
<b>Regelung der Beleuchtung</b>	- Präsenzkontrolle: manuell / tageslichtabhängige Kontrolle: manuell	- Präsenzkontrolle: manuell / tageslichtabhängige Kontrolle: manuell	geregelter Beleuchtung nach Tabelle 5 der DIN V 18599-10: 2011-12

Tabelle 48: Merkmale der Hotelvarianten im Bereich Beleuchtungsanlage, i.A.a. Standard und EnEV-Anforderungen

- **Beobachtung2: Optimierung der gesamten Gebäudetechnik**

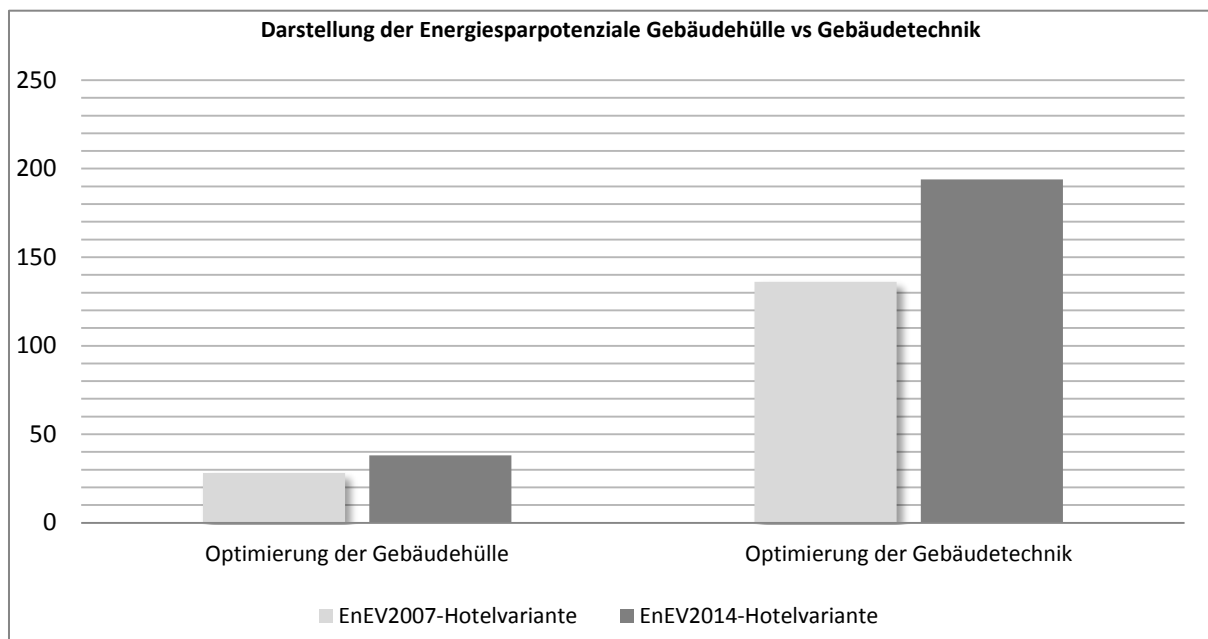
Durch die Optimierung der gesamten Gebäudetechnik der Hotels gemäß den EnEV-Anforderungen können Energieeinsparungen in Hinsicht auf Wärme- als auch Strombedarf erzielt werden. Hierbei können Einsparungen in Höhe von 30,66% (EnEV2007-Hotelvariante) bis 43,69% (EnEV2014-Hotelvariante) des gesamten Energiebedarfs der Standard-Hotelvariante erreicht werden (Abb.48).



Energiesparpotenziale	EnEV2007-Hotelvariante	EnEV2014-Hotelvariante
Wärmeeinsparung kwh/(m2 a)	89,00 kwh/(m2 a)	125,30 kwh/(m2 a)
Stromeinsparung kwh/(m2 a)	47,10 kwh/(m2 a)	68,62 kwh/(m2 a)
Energieeinsparung kwh/(m2 a)	136,10 kwh/(m2 a)	193,92 kwh/(m2 a)
Einsparung %	30,66%	43,69%

Abbildung 48: Energiesparpotenziale durch die Optimierung der gesamten Gebäudetechnik

### 3.7.4. Gebäudehülle versus Gebäudetechnik- Darstellung der Wirksamkeit der Optimierung vom jeweiligen Bereich auf die Verringerung des Energiebedarfs in Hotels.



Energiesparpotenziale durch..	EnEV2007-Hotelvariante	EnEV2014-Hotelvariante
Optimierung der Gebäudehülle	28,15 kwh/(m2 a)	38,16 kwh/(m2 a)
Optimierung der Gebäudetechnik	136,10 kwh/(m2 a)	193,92 kwh/(m2 a)

Abbildung 49: Energiesparpotenziale Gebäudehülle vs. Gebäudetechnik

Im Hinblick auf die Energiesparpotenziale -Gebäudehülle versus Gebäudetechnik- ist anhand der Ergebnisse der energetischen Untersuchung deutlich festzustellen, dass die Optimierung der Gebäudetechnik gemäß den EnEV-Anforderungen einen stärkeren Einfluss auf die Verringerung des Energiebedarfs der Hotels gegenüber der Optimierung der Gebäudehülle aufweist. Dabei liegen die Energiesparpotenziale durch die Verbesserung der Gebäudetechnik bei ca. 83% (EnEV2007-Hotelvariante) und 84% (EnEV2014-Hotelvariante) der gesamten Energieeinsparung, während bei der Gebäudehülle lediglich Energiesparpotenziale in Höhe von ca. 17% (EnEV2007-Hotelvariante) und 16% (EnEV2014-Hotelvariante) der gesamten Energieeinsparung erzielt werden können (Abb.50).

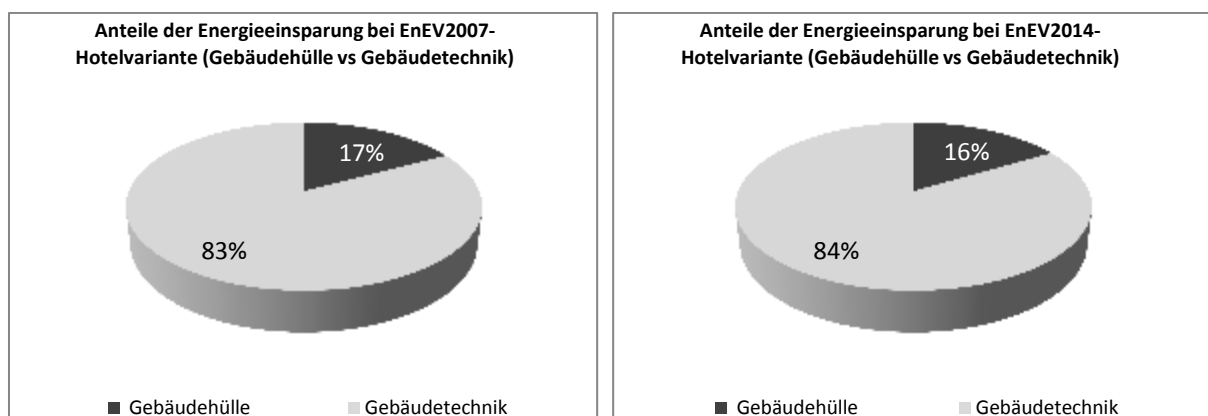
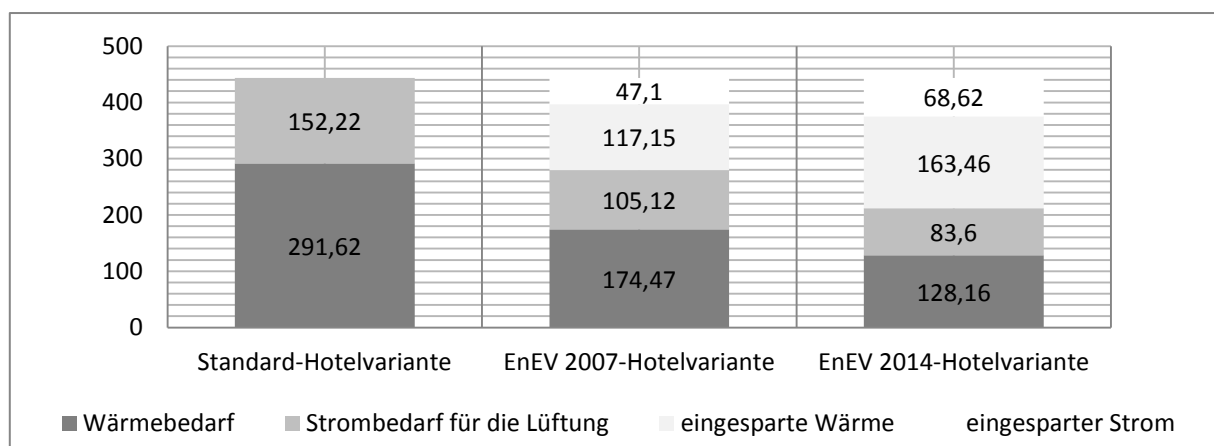
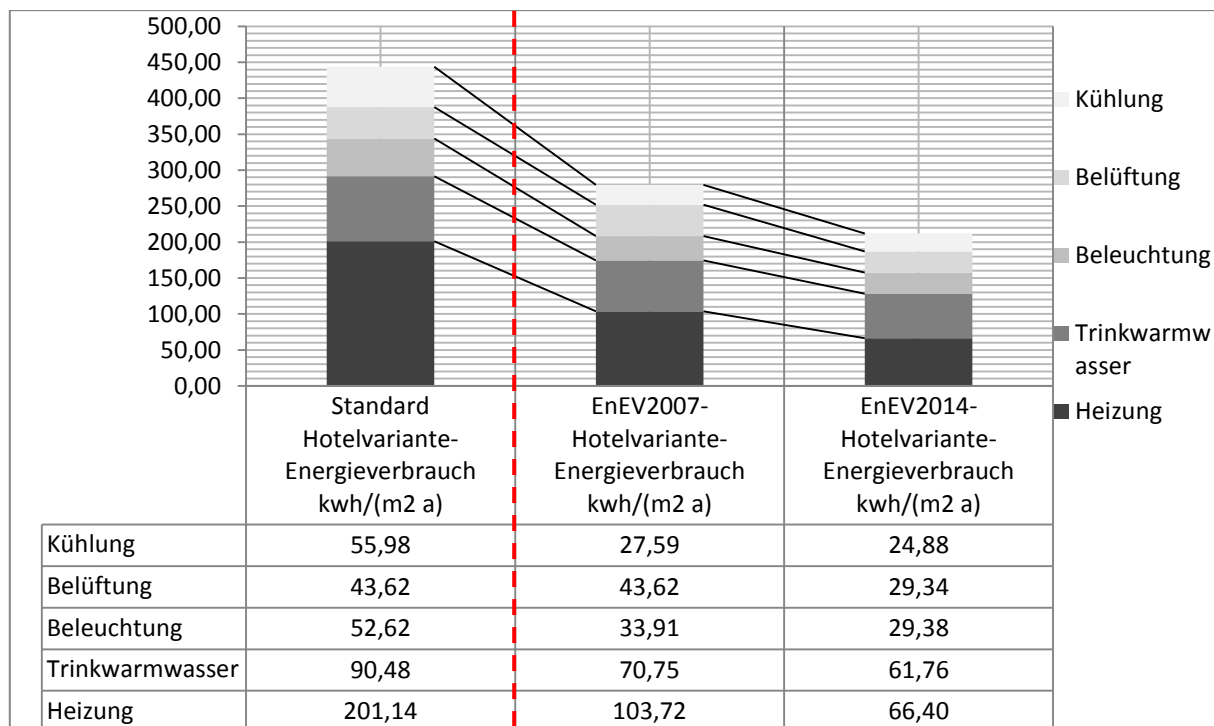


Abbildung 50: Anteile der Energieeinsparung bei den untersuchten Hotelvarianten (Gebäudehülle vs. Gebäudetechnik)

### Szenario 3: Optimierung des Gesamthotelbetriebs (Gebäudetechnik & der Gebäudehülle)



<b>Energieeinsparung durch die Optimierung der Gebäudetechnik &amp; Gebäudehülle</b>			
Standard-Hotelvariante: Wärmebedarf:	291,62 kWh/(m² a)	Strombedarf:	152,22 kWh/(m² a)
EnEV2007-Hotelvariante: Wärme:	174,47 kWh/(m² a)	Strom:	105,12 kWh/(m² a)
eingesparte Wärme:	117,15 kWh/(m² a)	eingesparter Strom:	47,10 kWh/(m² a)
EnEV2014-Hotelvariante: Wärme:	128,16 kWh/(m² a)	Strom:	83,60 kWh/(m² a)
eingesparte Wärme:	163,46 kWh/(m² a)	eingesparter Strom:	68,62 kWh/(m² a)

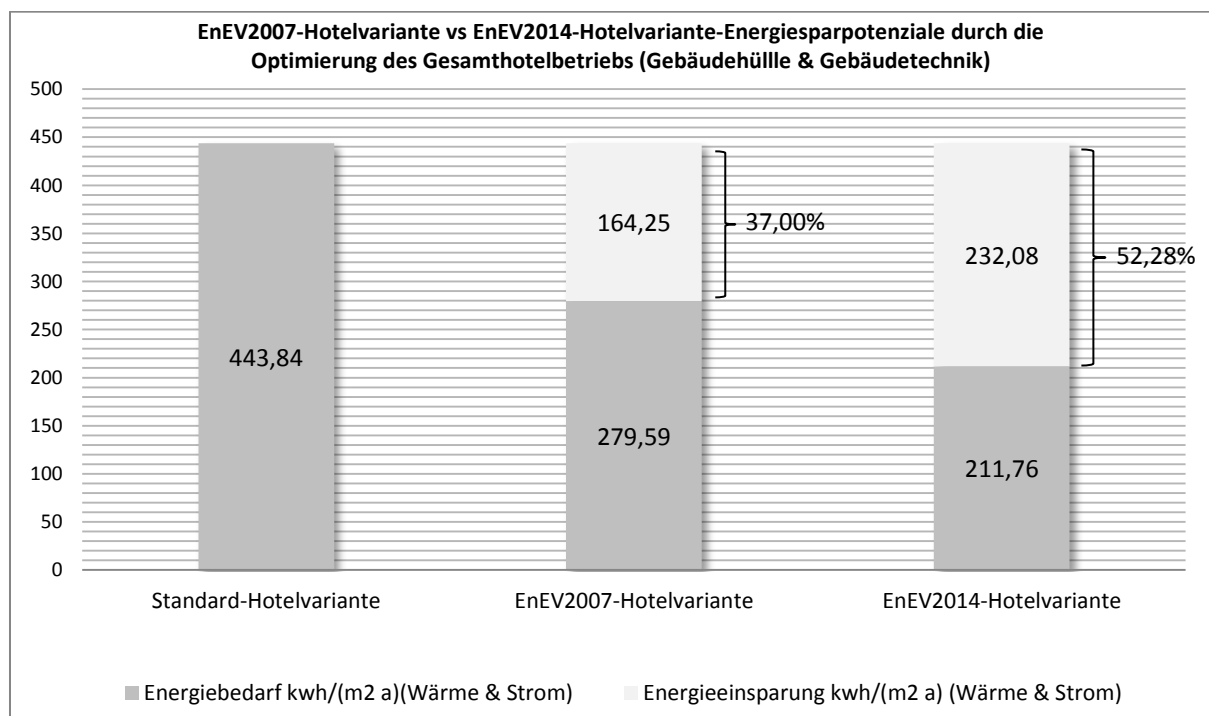
Abbildung 51: Energiesparpotenziale durch die Optimierung der Gebäudetechnik & der Gebäudehülle

### 3.7.5. Interpretation der Ergebnisse der energetischen Untersuchung im Hinblick auf die Übertragung der EnEV-Anforderungen auf den Gesamthotelbetrieb

Das dritte Szenario gibt Auskunft über die Energiesparpotenziale, die durch die Optimierung des Gesamthotelbetriebs (Gebäudehülle und Gebäudetechnik) mittels der EnEV-Anforderungen geschaffen werden können, und dient schließlich dazu, sich einen Überblick über die gesamten Energieeinsparung der jeweiligen Hotelvariante zu verschaffen.

- **Beobachtung der Ergebnisse**

In Anbetracht des Energiebedarfs der analysierten Hotelvarianten ist festzustellen, dass die EnEV2014-Hotelvariante eine vorteilhaftere Version hinsichtlich der Potenziale zur Verminderung des Energiebedarfs gegenüber der EnEV2007-Hotelvariante darstellt. Hierbei erreicht die Einsparung bei der EnEV2007-Hotelvariante einen Wert in Höhe von 37,00% des gesamten Energiebedarfs der Standard-Hotelvariante, während bei der EnEV2014-Hotelvariante dieser Wert weiter steigt und schließlich bei 52,28% des gesamten Energiebedarfs der Standard-Hotelvariante liegt (Abb.52).



Energiesparpotenziale	EnEV2007-Hotelvariante	EnEV2014-Hotelvariante
Wärmeeinsparung kwh/(m2 a)	117,15 kwh/(m2 a)	163,46 kwh/(m2 a)
Stromeinsparung kwh/(m2 a)	47,10 kwh/(m2 a)	68,62 kwh/(m2 a)
Energieeinsparung kwh/(m2 a)	164,25 kwh/(m2 a)	232,08 kwh/(m2 a)
Einsparung %	37,00%	52,28%

Abbildung 52: Energiesparpotenziale durch die Optimierung des Gesamthotelbetriebs

### 3.8. Zusammenfassung der Ergebnisse

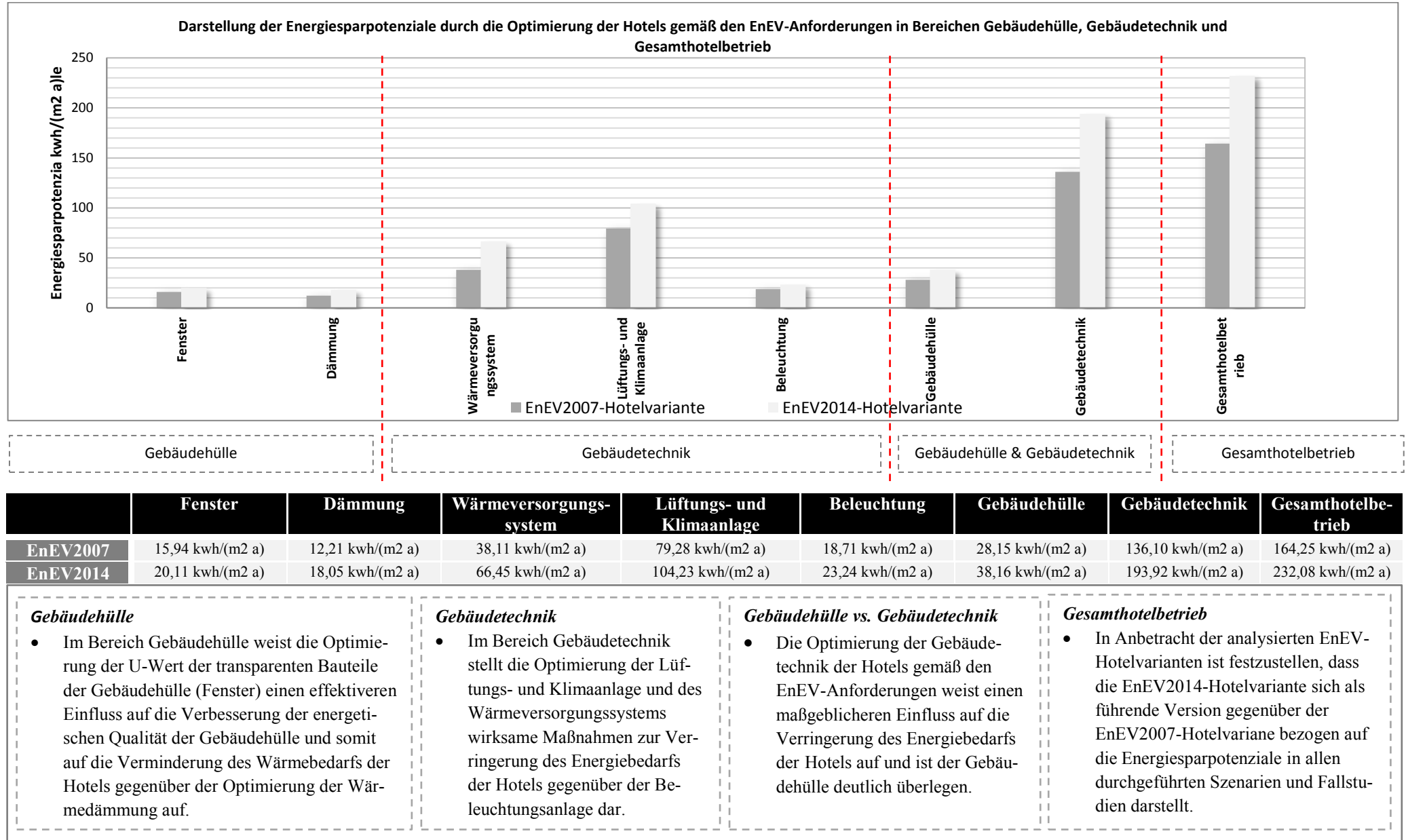


Abbildung 53: Zusammenfassung der Ergebnisse der energetischen Untersuchung

## ***Kapitel IV***

### ***Ökonomische Untersuchung zur Auswertung der Wirtschaftlichkeit der Investition in Stadthotels auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen***

- *Zielsetzung*
- *Grundlagen zur Investitionsrechnung*
- *Methoden der Investitionsrechnung*
- *Datenermittlung der Investitionsrechnung mittels VOFIs*
- *Aufbau des Modells der vollständigen Finanzpläne (VOFI) bezogen auf die Anforderungen der vorliegenden Arbeit*

#### ***4. Ökonomische Untersuchung zur Auswertung der Wirtschaftlichkeit der Investition in Stadthotels auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen***

Neben der Bestimmung und Beurteilung der Energiesparpotenziale, die durch die Übertragung von EnEV-Anforderungen auf Stadthotels theoretisch erzielt werden könnten, beschäftigt sich die vorliegende Arbeit weiterführend mit der Auswertung der Wirtschaftlichkeit der EnEV-Anforderungen in Hotels. Im Rahmen der energetischen Untersuchung wurden die Energiesparpotenziale in Hotels unter Berücksichtigung von drei Szenarien beurteilt, die wiederum drei Investition-Situationen widerspiegeln:

- Die Investition in die einzelnen Bauteile der Gebäudehülle und die einzelnen technischen Anlagen der Gebäudetechnik.
- Die Investition im gesamten jeweiligen Hotelbereich (Gebäudehülle - Gebäudetechnik).
- Die Investition im Gesamthotelbetrieb.

Die energetische Untersuchung weist in diesem Zusammenhang daraufhin, dass die Investition in Hotels auf Grundlagen der EnEV mit hohen Anforderungen in den Bereichen Gebäudehülle und Gebäudetechnik verbunden sind, was gleichermaßen mit hohen Investitions-, und Finanzierungskosten einhergehen würde. Anhand dieses Gesichtspunktes stellt sich für das anschließende Kapitel die folgende Frage:

„Wie verhält es sich mit der Wirtschaftlichkeit der EnEV-Anforderungen in Stadthotels und in welchem Bereich (Gebäudehülle und Gebäudetechnik) wäre die Investition vorteilhafter? Weiterhin ist zu untersuchen wie es sich mit der Wirtschaftlichkeit der Investition in den einzelnen Bestandteilen der erwähnten Bereiche verhält“.

Die vorliegende Fragestellung bildet somit den Ausgangspunkt des vorliegenden Kapitels und wird im Folgenden erörtert. Die Auseinandersetzung mit der Fragestellung wird anhand einer wirtschaftlichen Analyse in Hotels durchgeführt, die anschließend dazu dienen soll, die folgende Zielsetzung zu realisieren.

##### ***4.1. Zielsetzung der wirtschaftlichen Untersuchung***

Ziel ist es, die Wirtschaftlichkeit der Investition in Stadthotels auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen zu ermitteln und zu beurteilen. Bezogen auf die Fragestellung lässt sich die Beurteilung in drei Szenarien gliedern:

- Szenario1: Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Investition in die Gebäudehülle.
- Szenario2: Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Investition in die Gebäudetechnik.
- Szenario3: Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Investition in den Gesamthotelbetrieb.

Die wirtschaftliche Beurteilung wird auf Basis von ökonomischen Berechnungsverfahren durchgeführt, welche auch als „Investitionsrechnung“ bezeichnet werden. Um sich einen Überblick über den Begriff der „Investitionsrechnung“ verschaffen zu können, wird diese im weiteren Verlauf ausführlich erläutert und deren Methoden näher beleuchtet.



## 4.2. Grundlagen zur Investitionsrechnung

### I. Definition „Investition“

Im Fachgebiet der Betriebswirtschaftslehre kann die Definition des Begriffs „Investition“ in zwei Varianten unterteilt werden:

- „Bei der ersten Variante wird unter Investition das Opfern knapper finanzieller Mittel in Form von eigenen Mitteln verstanden, um langfristig investitionstheoretische Ziele zu erreichen“.
- „Die zweite Variante beinhaltet die Verwendung eigener und fremder finanzieller Mittel zur „Entwicklung“ einer Unternehmung mit Investitionsobjekt“.<sup>102</sup>

Die Investition beschreibt also im Wesentlichen den Einsatz von finanziellen Mitteln (Kapital) in eine Investition, um einen bestimmten Gewinn aus dieser zu erwirtschaften. Dabei ist zwischen zwei Investition-Varianten bezogen auf die Art des eingesetzten Kapitals zu differenzieren. Bezogen auf die Variante wird die Investition lediglich anhand vom Eigenkapital durchgeführt, während bei der zweiten Variante das Eigen- und Fremdkapital zum Einsatz kommen.

### II. Definition „Finanzierung“

Die Investition ausgehend sowohl vom Eigenkapital als auch vom Eigen- und Fremdkapital setzt sich in der Regel mit „finanzwirtschaftlichen Aktivitäten“ in Relation, die als Finanzierungen bezeichnet werden.<sup>103</sup> „Unter Finanzierung ist die Ausstattung der Unternehmung mit Geld- und Kapitalmitteln, sowie die Disposition über diese Mittel zu verstehen“.<sup>104</sup> Die Finanzierung kann weiterhin in Eigen- und Fremdfinanzierung gegliedert werden. Die Eigenfinanzierung beschreibt die Nutzung von eigenem Kapital zur Finanzierung des Investitionsprojekts, während die Fremdfinanzierung überwiegend über Kredite durchgeführt wird.<sup>105</sup> Die Investition und die Finanzierung bilden zwei wichtige Aspekte und sind grundsätzlich im Rahmen der Investitionsrechnung in Erwägung zu ziehen.

### III. Definition „Investitionsrechnung“

Die Investitionsrechnung stellt ein wirtschaftliches Berechnungsverfahren dar, und hat die Aufgabe, eine Basis rechnerischer Daten für ein Investitionsvorhaben zu schaffen, was dabei helfen soll, die Wirtschaftlichkeit der Investition bezogen auf die folgenden Gesichtspunkte zu beurteilen:

- Die absolute Vorteilhaftigkeit: diese dient dazu zu ermitteln, ob die Durchführung der Investition lohnenswert ist.
- Die relative Vorteilhaftigkeit: bezieht sich darauf zu bestimmen, ob die vorhandene Investition gegenüber anderen alternativen Investitionen vorteilhafter ist.<sup>106</sup>

---

<sup>102</sup> (Grob, 2006, S. 2)

<sup>103</sup> Vgl. (Grob, 2006, S. 3)

<sup>104</sup> (Grob, 2006, S. 4)

<sup>105</sup> Vgl. (Grob, 2006, S. 5)

<sup>106</sup> Vgl. (Schulte, 2005, S. 393)

#### 4.2.1. Methoden der Investitionsrechnung

Die Investitionsrechnung kann mittels verschiedener Rechenverfahren durchgeführt werden. Dazu zählen vor allem klassische und moderne Verfahren. Unter den klassischen Verfahren wird weiterhin zwischen zwei Berechnungsmethoden unterschieden, den statischen und dynamischen Methoden (Abb. 54).<sup>107</sup>

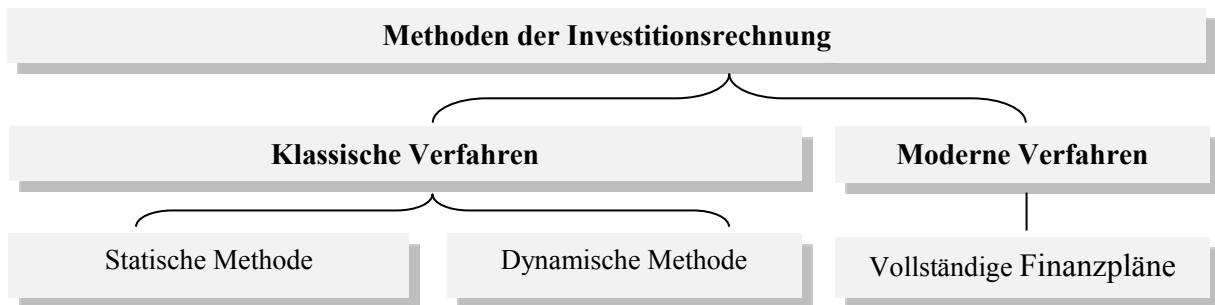


Abbildung 54: Methoden der Investitionsrechnung, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Schulte, 2005, S. 402)

##### 4.2.1.1. Statische Methode

Die statische Methode stellt eine der klassischen Rechenverfahren der Investitionsrechnung dar, deren Grundprinzip darauf basiert, die Investitionsrechnung bezogen auf lediglich eine Periode des gesamten Investitionszeitraumes durchzuführen. Diese bildet entweder eine spezifische Periode, die sich als repräsentativer Zeitabschnitt für den gesamten Investitionszeitraum darstellt, oder eine Durchschnittsperiode, deren Daten aus den Daten des gesamten Investitionszeitraumes deduziert wird. Unter der statischen Methode können verschiedene Modelle gegliedert werden, die sich bezüglich der Zielgröße der Investitionsrechnung voneinander differenzieren. Die Zielgrößen der statischen Methode unterteilen sich dabei in vier Aspekte und sind wie folgt zu gliedern: Kosten, Gewinn, Rentabilität und Amortisationszeit.<sup>108</sup> Anhand der erwähnten Zielgrößen können die Modelle der statischen Methode somit wie folgt angeordnet werden:

- I. Kostenvergleichsrechnung:** bei der Kostenvergleichsrechnung stehen die Kosten im Mittelpunkt der Investitionsrechnung. Dabei wird die Beurteilung der Vorteilhaftigkeit der Investition wie folgt festgelegt:
  - $\text{Kosten des Investitionsobjektes} < \text{Kosten der Unterlassensalternative}^{109} \longrightarrow$  absolut vorteilhaft.
  - $\text{Kosten des Investitionsobjektes} < \text{Kosten eines zur Wahl vorhandenen Investitionsobjektes} \longrightarrow$  relativ vorteilhaft.
- II. Gewinnvergleichsrechnung:** Bei Gewinnvergleichsrechnung-Modellen werden die Kosten als auch die Erlöse in Betracht gezogen. Dabei stellt der durchschnittliche Gewinn die Zielgröße für dieses Modell dar, der sich aus der Differenz von Kosten und Erlösen ergibt. Zur Beurteilung der Vorteilhaftigkeit mittels der Gewinnvergleichsrechnung gilt:

<sup>107</sup> Vgl. (Schulte, 2005, S. 402)

<sup>108</sup> Vgl. (Götze, 2008, S. 50)

<sup>109</sup> (Schulte, 2005, S. 403) Unterlassensalternative „repräsentiert z.B. durch eine risikofreie Finanzanlage“.

- Gewinn des Investitionsobjektes  $> \text{Null}$   $\longrightarrow$  absolut vorteilhaft.
- Gewinn des Investitionsobjektes  $>$  der Gewinn eines zur Wahl vorhandenen Investitionsobjektes  $\longrightarrow$  relativ vorteilhaft.

**III. Rentabilitätsvergleichsrechnung:** Bei der Rentabilitätsvergleichsrechnung ist die Rentabilität maßgeblich für das Modell, die das Verhältnis von Gewinngröße zu Kapitaleinsatzgröße in Relation stellt. Die Beurteilung der Vorteilhaftigkeit der Investition lässt sich hier wie folgt verdeutlichen:

- Rentabilität des Investitionsobjektes  $>$  ein bereits bestimmter Grenzwert<sup>110</sup>  $\longrightarrow$  absolut vorteilhaft.
- Rentabilität des Investitionsobjektes  $>$  die Rentabilität eines zur Wahl vorhandenen Investitionsobjektes  $\longrightarrow$  relativ vorteilhaft.

**IV. Statische Amortisationsrechnung:** Bei der Amortisationsrechnung liegt der Schlüssel im Amortisationszeitraum eines Investitionsobjekts. „Die Amortisationszeit eines Investitionsobjekts ist der Zeitraum, in dem das eingesetzte Kapital aus den durchschnittlichen Rückflüssen oder Einzahlungsüberschüssen des Objektes wiedergewonnen wird“.<sup>111</sup> Zur Beurteilung der Vorteilhaftigkeit der Investition gilt hier folgendes:

- Amortisationszeit des Investitionsobjektes  $<$  ein bereits bestimmter Grenzwert  $\longrightarrow$  absolut vorteilhaft.
- Amortisationszeit des Investitionsobjektes  $<$  die Amortisationszeit eines zur Wahl vorhandenen Investitionsobjektes  $\longrightarrow$  relativ vorteilhaft.<sup>112</sup>

#### ➤ **Beurteilung der statischen Methode**

Zur Beurteilung der statischen Methode ist gemäß der Literatur festzustellen, dass die statische Methode ein einfaches Rechenverfahren zur Investitionsrechnung repräsentiert. Darüber hinaus benötigt sie keinen großen Aufwand vor allem in Hinsicht auf die Datenermittlung und den Berechnungsprozess. Jedoch weist die Methode gleichermaßen Nachteile bzw. kritische Aspekte auf, welche zu berücksichtigen sind wie zum Beispiel die Vernachlässigung der Preis- und Wertveränderungen im Laufe der Nutzungszeit. Die Investitionsrechnung mittels der statischen Methoden basiert grundsätzlich auf Kosten und Erlösen, während die Ein- und Auszahlungen, die im Zeitablauf der Investition zu erwarten sind, nicht berücksichtigt wurden.<sup>113</sup> Weiterhin weisen die Statischen Methoden begrenzte, unklare, pauschale und häufig irrealen Annahmen auf, welche schließlich oft zu unrealistischen Ergebnissen führen könnten.<sup>114</sup>

<sup>110</sup> Vgl. (Götze, 2008, S. 61). Der Grenzwert wird hier durch den Entscheidungsträger ermittelt und steht in der Regel in Relation mit den zur Wahl stehenden Investitionsmöglichkeiten. Dabei kann z.B. Der Kalkulationszinsatz ein Grenzwert sein.

<sup>111</sup> (Götze, 2008, S. 63)

<sup>112</sup> Vgl. (Götze, 2008, S. 50-64)

<sup>113</sup> Vgl. (Götze, 2008, S. 50-66)

<sup>114</sup> Vgl. (Schulte, 2005, S. 402)

#### 4.2.1.2. Dynamische Methode

Die dynamische Methode verkörpert eine weiter entwickelte Methode zur Investitionsrechnung im Rahmen der klassischen Verfahren. Die wichtigsten Merkmale der dynamischen Methode bestehen darin, dass die Investitionsrechnung unter Berücksichtigung von mehreren Perioden des Investitionszeitraumes durchgeführt wird. Weiterhin werden bei der dynamischen Methode alle Zahlungsströme (Ausgaben und Einnahmen) in Erwägung gezogen. Die beiden erwähnten Merkmale stellen hier die grundlegenden Unterschiede zur statischen Methode dar.<sup>115</sup>

##### - Prinzip der dynamischen Methode

Das Prinzip der dynamischen Methode basiert auf die Verwendung von den sogenannten *finanzmathematischen Transformationen* (*Auf- und Abzinsung*), die eines der wichtigsten Merkmale der dynamischen Methode darstellen und wie folgt zu erläutern sind:<sup>116</sup>

##### a) Aufzinsung

„Bei der Aufzinsung wird bestimmt, welchen Wert ( $W$ ) ein zu einem bestimmten Zeitpunkt (hier Zeitpunkt 0) angelegter Kapitalbetrag ( $N$ ) unter Berücksichtigt von Zinsen und Zinseszinsen zu einem späteren Zeitpunkt ( $t$ ) annimmt“.<sup>117</sup> Dabei ist zwischen zwei Möglichkeiten zu unterscheiden:

- Aufzinsung mit einem gleichen Zinssatz ( $i$ ) für alle Perioden:

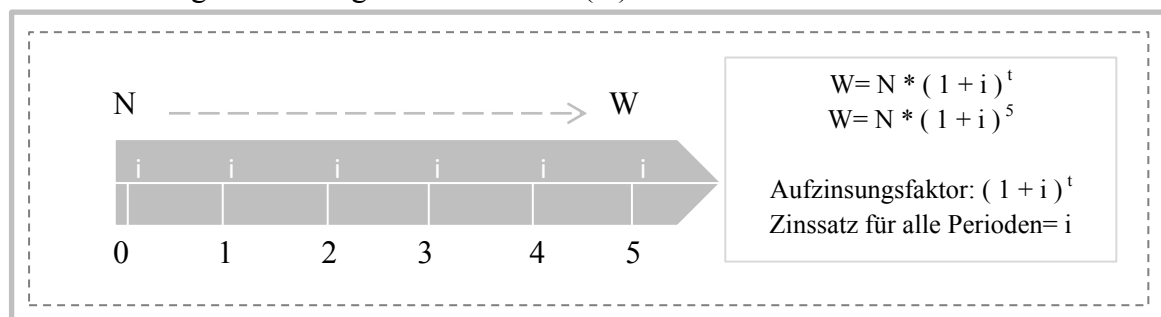


Abbildung 55: Prinzip der Aufzinsung (gleicher Zinssatz), Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Götze, 2008, S. 67)

- Aufzinsung mit unterschiedlichen Zinssätzen für die Perioden:

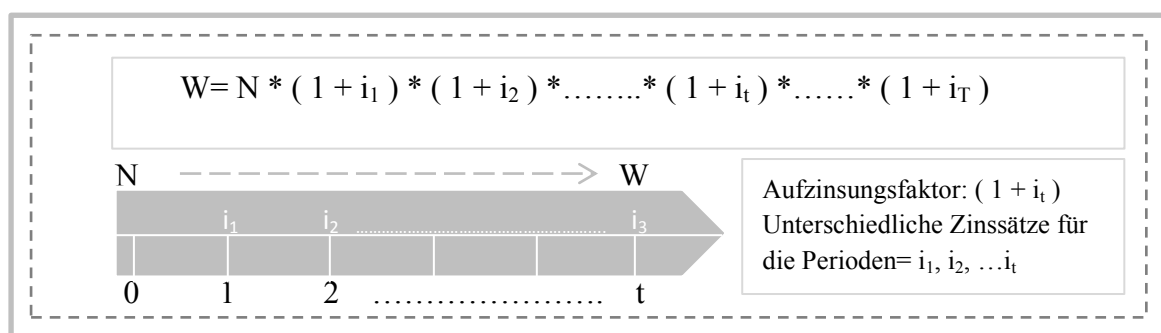


Abbildung 56: Prinzip der Aufzinsung (unterschiedlicher Zinssatz), Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Götze, 2008, S. 67)

<sup>115</sup> Vgl. (Götze, 2008, S. 66,67)

<sup>116</sup> Vgl. (Götze, 2008, S. 67)

<sup>117</sup> (Götze, 2008, S. 67)

## b) Abzinsung

„Die Abzinsung dient unter anderem zur Berechnung des Betrags ( $W$ ), der zu einem Zeitpunkt (hier 0) eingesetzt werden muss, um zu einem späteren Zeitpunkt ( $t$ ) über einen bestimmten Betrag ( $N$ ) verfügen zu können. Sie erfolgt in ähnlicher Form wie die Aufzinsung“.<sup>118</sup> Dabei wird ebenso zwischen zwei Varianten von Abzinsungen unterschieden:

- Abzinsung mit einem gleichen Zinssatz ( $i$ ) für alle Perioden:

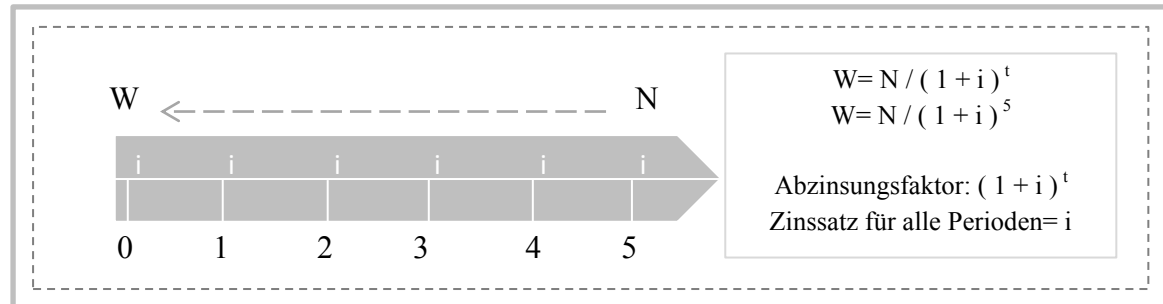


Abbildung 57: Prinzip der Abzinsung (gleicher Zinssatz), Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Götze, 2008, S. 68)

- Abzinsung mit unterschiedlichen Zinssätzen für die Perioden:

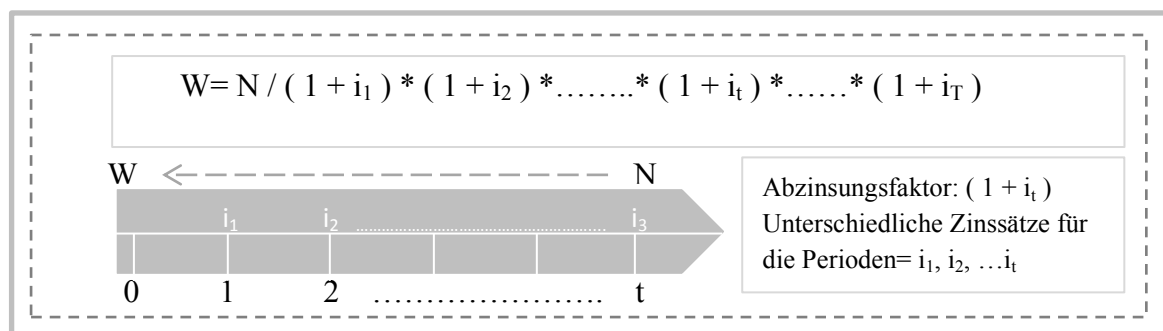


Abbildung 58: Prinzip der Abzinsung (unterschiedlicher Zinssatz), Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Götze, 2008, S. 68)

Um einen tieferen Blick in die dynamische Methode der Investitionsrechnung zu erlangen wird zunächst eines der in der Praxis am häufigsten eingesetzten Modelle der dynamischen Methode weiter erläutert. Dies wird als Kapitalwertmethode bezeichnet.

### I. Kapitalwertmethode

Bei der Kapitalwertmethode wird die Vorteilhaftigkeit der Investitionsalternativen anhand der Zielgröße „Kapitalwert“ beurteilt. „Der Kapitalwert ist die Summe aller auf einen Zeitpunkt ab- bzw. aufgezinsten Ein- und Auszahlungen, die durch die Realisation eines Investitionsobjektes verursacht werden“.<sup>119</sup>

Der Kapitalwert lässt sich anhand der anschließend aufgeführten Gleichung berechnen. Dabei wird der Kapitalwert (KW) in Bezug auf den Beginn des Planungszeitraums ( $t = 0$ ) ermittelt (Abb.59).

<sup>118</sup> (Götze, 2008, S. 68)

<sup>119</sup> (Götze, 2008, S. 71)

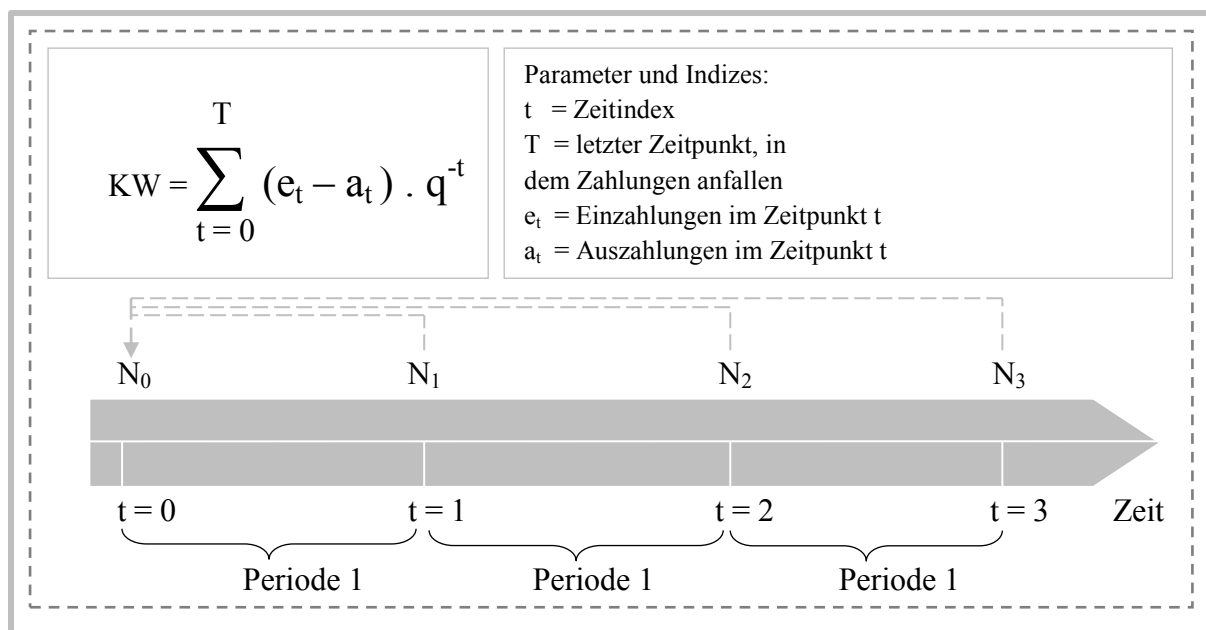


Abbildung 59: Berechnung der Kapitalwertmethode, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Götze, 2008, S. 72)

Die Größe ( $N_t$ ) wird hier als Nettozahlung verstanden und ergibt sich durch die Differenz zwischen Ein- und Auszahlungen ( $e_t - a_t$ ). Bei der Berechnung des Kapitalwertes in  $t_0$  beziehen sich alle Nettozahlungen, welche nach dem Zeitpunkt ( $t = 0$ ) auftreten, durch die Abzinsung auf dem Null-Zeitpunkt des Investitionszeitraumes ( $t = 0$ ) (Prinzip der Abzinsung).

Weiterführend können die Nettozahlungen ebenso nicht nur aus Ein-, und Auszahlungen sondern auch aus weiteren Komponenten bestehen. In diesem Fall wird die bereits definierte Gleichung zur Berechnung des Kapitalwertes als ungeeignet betrachtet und wird folgendermaßen angepasst, so dass alle möglichen auftretenden Komponenten berücksichtigt werden. Unter den Komponenten der Zahlungen können folgenden Punkte in Frage kommen: Anschaffungsauszahlung/en, laufenden Ein- und Auszahlungen und Liquidationserlös. Dadurch kann der Kapitalwert gemäß den erwähnten Aspekten wie folgt berechnet werden:<sup>120</sup>

$$KW = -A_0 + \sum_{t=1}^T ((p_t - a_{vt}) \cdot x_t - A_{ft}) \cdot q^{-t} + L \cdot q^{-T}$$

Parameter und Indizes:

$t$  = Zeitindex

$T$  = letzter Zeitpunkt, in dem Zahlungen anfallen (Ende der Nutzungsdauer)

$A_0$  = Anschaffungsauszahlung

$P_t$  = Verkaufspreis in  $t$

$L$  = Liquidationserlös

$a_{vt}$  = absatz- bzw. produktionsmengenabhängige Auszahlungen pro Mengeneinheit in  $t$

$x_t$  = Absatz- bzw. Produktionsmenge in  $t$

$A_{ft}$  = absatz- bzw. produktionsmengenunabhängige Auszahlungen in  $t$

Formel 7: Berechnung der Kapitalwertmethode (mehrere Parameter), Quelle: (Götze, 2008, S. 73)

<sup>120</sup> Vgl. (Götze, 2008, S. 72,73)

## II. Datenermittlung für Kapitalwertmodelle

- *Anschaffungsauszahlung/en*: Die Anschaffungsauszahlung/en bezieht sich auf die Zahlungen, die für die Anschaffung und/oder Betriebs- und Bereitstellungsmaßnahmen eines Objektes erforderlich sind.
- *Laufende Ein- und Auszahlungen bzw. Rückflüsse*: Bei den laufenden Ein- und Auszahlungen bzw. Rückflüssen handelt es sich um Zahlungsreihen, die zu verschiedenen Zeitpunkten des Planungszeitraumes auftreten können. *Die laufenden Einzahlungen* ergeben sich häufig aus dem Veräußerung der Produktion, welche durch die Investition erzeugt wird. Unter den *laufenden Auszahlungen* wird eine Auszahlungsreihe verstanden, die durch die Nutzung der Investition verursacht werden kann, dazu gehören absatz- bzw. produktionsmengenabhängige Auszahlungen, absatz- bzw. produktionsmengenunabhängige Auszahlungen, Steuerzahlungen, usw.
- *Der Liquidationserlös*: Der Liquidationserlös stellt den Restwert eines Investitionsobjektes am Ende des Investitionszeitraumes dar, der durch die Veräußerung des Objektes oder einzelner Bestandteile dessen erwirtschaftet wird. Neben den Einzahlungen können sich aber auch durch die Veräußerung des Objektes entstehende Auszahlungen ergeben, hier vor allem die Auszahlungen, die beispielsweise durch den Abbau von einzelnen Bestandteilen des Objektes verursacht werden können. Die Einschätzung eines Liquidationserlöses wird oftmals als eher schwierige Datenermittlung eingestuft, dies liegt besonders daran, dass der Verkaufsprozess in der Zukunft stattfindet. Somit lässt sich der Erlös angesichts der zukünftigen Preisstellung nicht sehr effizient prognostizieren.<sup>121</sup>

## III. Beurteilung der Vorteilhaftigkeit der Investition mittels der Kapitalwertmethode

Zur Beurteilung der Vorteilhaftigkeit eines Investitionsobjektes mittels der Kapitalwertmethode gilt folgendes:<sup>122</sup>

Der Kapitalwert eines Investitionsobjektes  $>$  Null

—————→ das Investitionsobjekt ist absolut vorteilhaft

Der Kapitalwert eines Investitionsobjektes  $>$  der Kapitalwert eines zur Wahl vorhandenen Objektes —————→ das Investitionsobjekt ist relativ vorteilhaft

<sup>121</sup> Vgl. (Götze, 2008, S. 83-88)

<sup>122</sup> Vgl. (Götze, 2008, S. 71)

### ➤ *Beurteilung der Kapitalwertmethode*

In Anbetracht der wissenschaftlichen Literatur zum Thema Wirtschaft ist schließlich festzustellen, dass die Kapitalwertmethode als eine der am besten akzeptierten Methoden im Rahmen der dynamischen Investitionsrechnung bezeichnet werden kann. Die Kapitalwertmethode benötigt aufgrund des durchschaubaren Ermittlungsverfahrens keinen großen Rechenaufwand, jedoch stellt die Datenermittlung für die Investitionsrechnung eher einen aufwendigen Prozess dar. Dies ist überwiegend darauf zurückzuführen, dass verschiedene erforderliche Daten wie Anschaffungsauszahlungen, zukünftige Rückflüsse, Nutzungsdauer, Liquidationserlös einschließlich Kalkulationszinssatz prognostiziert werden müssen, um die Investitionsrechnung durchführen zu können. Eines der wichtigsten Merkmale der dynamischen Kapitalwertmethode gegenüber den statischen Modellen besteht darin, dass sie bezogen auf die Modellannahmen sehr Realitätsnah ist.<sup>123</sup>

---

<sup>123</sup> Vgl. (Götze, 2008, S. 80)



#### 4.2.1.3. Moderne Verfahren - vollständige Finanzpläne (VOFI)

Ein vollständiger Finanzplan symbolisiert eine moderne Investitionsrechnungsmethode, die auf einer methodischen Zusammenstellung von Zahlungsströmen basiert, die wiederum mit einem Investitions- und Finanzierungsprogramm in Relation stehen. Die Zahlungsströme können in zwei Gruppen untergliedert werden: Originär und Derivativ.<sup>124</sup> Die originären Zahlungsströme beziehen sich auf alle Zahlungen, die direkt aus dem Investitionsobjekt resultieren. Dazu zählen: Investitionskosten, periodisch anfallende Einnahmen und Ausgaben einschließlich des Liquidationserlöses. Die derivativen Zahlungsströme beziehen sich hingegen auf Zahlungen, die im Regelfall von Steuer-, und Finanzierungszahlungen abgeleitet werden.<sup>125</sup>

##### I. Aufbau eines vollständigen Finanzplans

Anhand des im Folgenden dargestellten Beispiels (Tab.49) werden zunächst der Aufbau und die Berechnungsweise eines vollständigen Finanzplans erläutert.

##### a) vollständiger Finanzplan ohne Steuer

	t <sub>0</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>	t <sub>5</sub>
<b>Direkte Zahlungen</b>						
a <sub>0</sub>	-10.000,00 €					
ü <sub>t</sub>		540,00 €	540,00 €	540,00 €	540,00 €	540,00 €
R <sub>n</sub>						10.000,00 €
<b>Indirekte Zahlungen</b>						
Eigenkapital	8.000,00 €					
Fremdkapital	2.000,00 €					
Zinsen FK		-150,00 €	-124,00 €	-96,00 €	-67,00 €	-34,00 €
Tilgung		-344,00 €	-370,00 €	-398,00 €	-428,00 €	-460,00 €
Reinvestition t <sub>1</sub>		-46,00 €				
Habenzinsen (4,5%)			2,00 €			
Rückzahlung			46,00 €			
Reinvestition in t <sub>2</sub>			-93,00 €			
Habenzinsen (4,5%)				4,00 €		
Rückzahlung				93,00 €		
Reinvestition in t <sub>3</sub>				-143,00 €		
Habenzinsen (4,5%)					6,00 €	
Rückzahlung					143,00 €	
Reinvestition in t <sub>4</sub>					-195,00 €	
Habenzinsen (4,5%)						9,00 €
Rückzahlung						195,00 €
Endwert	0	0	0	0	0	10.250,00 €
Kredit nach Tilgung	2.000,00 €	1.656,00 €	1.286,00 €	888,00 €	460,00 €	0,00 €
Annuität	-494,00 €	-494,00 €	-494,00 €	-494,00 €	-494,00 €	-494,00 €
Sollzinssatz langf.	7,5%	7,5%	7,5%	7,5%	7,5%	7,5%
Sollzinssatz Zwischenf.	9%	9%	9%	9%	9%	9%
Guthabenzinsen langf	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%
Guthabenzinsen kurzsf.	4,5%	4,5%	4,5%	4,5%	4,5%	4,5%
<b>VOFI-Rendite = 5,08%</b>						

Tabelle 49: VOFI ohne Steuern, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Schulte, 2008, S. 655)

Ein vollständiger Finanzplan wird in Form von Tabellen realisiert, die in der Regel in Spalten und Zeilen geordnet sind. Die Spalten sind für die Zahlungszeitpunkte (t=0,..., T) zugeteilt. Die Zeilen sind maßgeblich für Zahlungsreihen vorgesehen. In Bezug auf die Zahlungsreihen ist zwischen zwei Arten von Zahlungsströmen zu unterscheiden: Einnahmen und Ausgaben.

<sup>124</sup> Vgl. (Wolfgang Breuer, 2007, S. 369)

<sup>125</sup> Vgl. (Krimmling, 2008, S. 252)

Die Einnahmen stellen die erzielten Beiträge durch das Investitions- und Finanzierungsprogramm dar und werden als positive Zahlungsströme bezeichnet. Die Ausgaben bilden im Gegenzug die ausgezahlten Beiträge und werden als negative Zahlungsströme deklariert. Die Zahlungsströme werden bei einem VOFI weiterhin in direkte und indirekte Zahlungen gegliedert. Zu den direkten Zahlungsströmen zählen in erster Linie die Anschaffungskosten (a0), welche im vorliegenden Beispiel einen Wert in Höhe von 10.000 € zum Zeitpunkt t0 betragen (1). Dazu gehören außerdem die Einnahmenüberschüsse (üt), welche auf 5 Jahre (Investitionszeitraum) aufgeteilt werden (540 € pro Jahr) (2). Das Investitionsobjekt wird am Ende des Investitionsraumes t5 mit einem Erlös in Höhe von 10.000 € veräußert (3), was schließlich einen der letzten direkten Zahlungsströme im vorliegenden Beispiel darstellt. Die Anschaffungskosten der Investition unterteilen sich in Eigenkapital und Fremdkapital. Das im vorliegenden Beispiel zur Verfügung stehende Eigenkapital beträgt 8.000 € (4). Der Rest der Anschaffungskosten wird durch einen Kredit (Fremdkapital) in Form eines Annuitätendarlehens in Höhe von 2.000 € gedeckt (5). Die jährliche Annuität beträgt im vorliegenden Beispiel einen Wert in Höhe von 494 € (6). Zur Berechnung der Annuität gilt hier:

$\text{Ann} = \text{KW} \cdot \frac{(1+i)^T \cdot i}{(1+i)^T - 1}$	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="padding-right: 10px;">KW:</td> <td>Kapitalwert</td> </tr> <tr> <td>i:</td> <td>Kalkulationszinssatz</td> </tr> <tr> <td>T:</td> <td>Nutzungsdauer</td> </tr> </table>	KW:	Kapitalwert	i:	Kalkulationszinssatz	T:	Nutzungsdauer
KW:	Kapitalwert						
i:	Kalkulationszinssatz						
T:	Nutzungsdauer						

Formel 8: Berechnung der Annuität, Quelle: (Götze, 2008, S. 94)

Die Annuität splittet sich in den folgenden Perioden in Zinsen FK (Fremdkapital Zinsen) (z.B. in t<sub>1</sub> 150 = 2.000 \* 7,5%) und Tilgungen (z.B. in t<sub>1</sub> 344 = 494 - 150) (7) (Annuitätendarlehen = Zinsen FK + Tilgung). Die Tilgung wird beim VOFI zur Berechnung des Kreditstandes eingesetzt. Dabei wird der Kreditstand in t<sub>n</sub> durch die Differenz zwischen dem Kreditstand in t<sub>n-1</sub> und der Tilgung in t<sub>n</sub> errechnet, z.B. Zum Jahr t<sub>0</sub> beträgt der Kreditstand 2.000 €. Im Jahr t<sub>1</sub>: 2.000 - 344 = 1.656 € usw.

Anhand von Einnahmenüberschüssen und Annuität kann nun der Zahlungssaldo für jeweilige Periode ermittelt werden. Der Zahlungssaldo in t<sub>n</sub> ergibt sich durch die Differenz zwischen dem Einnahmenüberschuss in t<sub>n</sub> und der Annuität in t<sub>n</sub>. Für das Jahr t<sub>1</sub> beträgt der Zahlungssaldo somit 540 - 494 = 46 € (8). An dieser Stelle ist dem Vorzeichen bzw. dem Wert des Zahlungssaldos (-/+) besondere Beachtung zu schenken. Bei einem negativen Wert des Zahlungssaldos kann der Investor eine Art von Zwischenfinanzierung durchführen. Dabei muss jedoch mit einer Verzinsung (-Sollzinsen) gerechnet werden. Bei einem positiven Zahlungssaldo steht dem Investor hingegen die Möglichkeit offen, den resultierenden Zahlungssaldo in Form einer kurzfristigen Finanzanlage zu reinvestieren und somit weiteren Gewinn durch (+Habenzinsen) zu erzielen. Im vorliegenden Beispiel beträgt der Zahlungssaldo in t<sub>1</sub> einen Wert in Höhe von +46 €. Dieser wird hier mit Guthabenzinsen von 4,5% reinvestiert. In t<sub>2</sub> werden durch die Zwischenanlage Habenzinsen in Höhe von 46 \* 4,5% = 2 € und Rückzahlungen von 46 € erzielt. Die Summe der Habenzinsen t<sub>2</sub>, der Rückzahlung t<sub>2</sub> einschließlich des Zahlungssaldos t<sub>2</sub> (Einnahmenüberschuss – Annuität) ergibt schließlich das Anlagekonto für die Periode t<sub>2</sub> und beträgt 93 €, welches wiederum für die folgende Periode reinvestiert wird. Diese Berechnungsweise wiederholt sich fortlaufend in den folgenden Perioden bis hin

zur vorletzten Periode. Bei der letzten Periode des Investitionszeitraumes wird der Restwert des Investitionsobjekts ( $R_n$ ) bei der Berechnung mit einbezogen. Infolge ergibt sich das Anlagenkonto der letzten Periode  $t_5$  durch die Summe aus dem Restwert des Investitionsobjekts, dem Zahlungssaldo  $t_5$ , den Habenzinsen  $t_5$  und der Rückzahlung  $t_5$ . Das Ergebnis stellt hier den Endwert der Investition dar und beträgt 10.250,00 €. Aus diesem Ergebnis ist somit abzuleiten, dass sich das zu Beginn des Investitionszeitraumes eingesetzte Eigenkapital 8.000 € in 5 Jahren zu einem Endvermögen in Höhe von 10.250,00 € entwickelt.<sup>126</sup>

### b) vollständiger Finanzplan mit Steuern

Nachdem die Grundsätze, der Aufbau und die Berechnungsweise eines vollständigen Finanzplans geklärt wurden, wird im Folgenden die Steuerlast eines VOFIs weiter erläutert (Tab.50).

	$t_0$	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$
<b>Direkte Zahlungen</b>						
$a_0$	-10.000,00 €					
$\ddot{u}_t$		540,00 €	540,00 €	540,00 €	540,00 €	540,00 €
$R_n$						10.000,00 €
<b>Indirekte Zahlungen</b>						
Eigenkapital	8.000,00 €					
Fremdkapital	2.000,00 €					
Zinsen FK		-150,00 €	-124,00 €	-96,00 €	-67,00 €	-34,00 €
Tilgung		-344,00 €	-370,00 €	-398,00 €	-428,00 €	-460,00 €
Steuerzahlung	7	-70,00 €	-82,00 €	-94,00 €	-106,00 €	-744,00 €
Zwischenfinanzierung $t_1$		24,00 €				
Sollzinsen			-2,00 €			
Rückzahlung			-24,00 €			
Zwischenfinanzierung $t_2$			63,00 €			
Sollzinsen				-6,00 €		
Rückzahlung				-63,00 €		
Zwischenfinanzierung $t_3$				117,00 €		
Sollzinsen					-10,00 €	
Rückzahlung					117,00 €	
Zwischenfinanzierung $t_4$					188,00 €	
Sollzinsen						-17,00 €
Rückzahlung						-188,00 €
Endwert	0	0	0	0	0	9.097,00 €
Kredit nach Tilgung	2.000,00 €	1.656,00 €	1.286,00 €	888,00 €	460,00 €	0,00 €
Annuität	-494,00 €	-494,00 €	-494,00 €	-494,00 €	-494,00 €	-494,00 €
Sollzinssatz langf.	7,5%	7,5%	7,5%	7,5%	7,5%	7,5%
Sollzinssatz Zwischenf.	9,0%	9,0%	9,0%	9,0%	9,0%	9,0%
Guthabenzinsen langf.	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%
Guthabenzinsen kurzsf.	4,5%	4,5%	4,5%	4,5%	4,5%	4,5%
<b>Abschreibungsplan</b>						
AfA-Satz		5%	5%	5%	5%	5%
AfA-Grundlage	5.000,00 €	5.000,00 €	5.000,00 €	5.000,00 €	5.000,00 €	5.000,00 €
AfA-Betrag		250,00 €	250,00 €	250,00 €	250,00 €	250,00 €
Buchwert	2 10.000,00 €	1 9.750,00 €	9.500,00 €	9.250,00 €	9.000,00 €	8.750,00 €
<b>Steuerliche Nebenrechnung</b>						
Mieteinnahme	4	450,00 €	450,00 €	450,00 €	450,00 €	450,00 €
- Abschreibungen	3	- 250,00 €	- 250,00 €	- 250,00 €	- 250,00 €	- 250,00 €
+ Haben/-Sollzinsen		0,00 €	-2,00 €	-6,00 €	-10,00 €	-17,00 €
- Sollzinsen FK	5	-150,00 €	-124,00 €	-96,00 €	-67,00 €	-34,00 €
+ Veräußerungserlös						10.000,00 €
- Restbuchwert						- 8.750,00 €
= Ergebnis vor Steuern		140,00 €	164,00 €	188,00 €	213,00 €	1.489,00 €
x Steuersatz		50%	50%	50%	50%	50%
= Steuerzahlung	6	70,00 €	82,00 €	94,00 €	106,00 €	744,00 €
<b>VOFI-Rendite mit Steuern = 2,60%</b>						

Tabelle 50: VOFI mit Steuern, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Schulte, 2008, S. 661)

<sup>126</sup> Vgl. (Schulte, 2008, S. 654,655,656)

Zur Ermittlung des VOFI-Endvermögens einschließlich der VOFI-EK-Rendite mit Steuern sind neben dem VOFI zwei Nebenrechnungen durchzuführen, diese umfassen: Abschreibungsplan und Steuerliche Nebenrechnung.

Der Abschreibungsplan dient dazu, die Abschreibung und den Buchwert der jeweiligen Investitionsperiode zu bestimmen. Das vorhandene Beispiel weist einen jährlichen Abschreibungsbetrag in Höhe von 250 € auf (1). Der Abschreibungsbetrag wird hier zur Bestimmung des Buchwertes für die laufenden Perioden eingesetzt. Im Jahr  $t_0$  hat der Buchwert einen Wert in Höhe von 10.000 € (2). Der Buchwert der laufenden Perioden ergibt sich durch die Differenz zwischen dem Buchwert in  $t_{n-1}$  und dem Abschreibungsbetrag. Neben der Ermittlung des Abschreibungsplanes ist weiterhin die steuerliche Nebenrechnung durchzuführen. Dabei sind die folgenden Beträge in Erwägung zu ziehen:

- Mieteinnahmen (Einnahmenüberschüsse)
- Abschreibungen
- Haben-/Sollzinsen
- Sollzinsen FK
- Veräußerungserlös und Restbuchwert

Die Abschreibungen der laufenden Perioden werden aus dem Abschreibungsplan in die steuerliche Nebenrechnung übertragen (3). Die Mieteinnahmen (Einnahmenüberschüsse) (4) und Sollzinsen FK (5) werden im Hingegen aus dem VOFI in die steuerliche Nebenrechnung eingebunden. Die Haben/Sollzinsen betragen in der ersten Periode Null. Der Veräußerungserlös und Restbuchwert werden schließlich am Ende des Investitionszeitraumes berücksichtigt.

Mittels der vorhandenen Beträge kann nun die Steuerzahlung für die Periode  $t_1$  berechnet werden. In einem ersten Schritt wird das Ergebnis der Beträge: +Mieteinnahmen (Einnahmenüberschüsse), -Abschreibungen, +Haben-/Sollzinsen und -Sollzinsen FK, berechnet. Das Ergebnis lässt sich mit einem Steuersatz in Höhe von 50% (Steuersatz des vorliegenden Beispiels) versteuern. Das Resultat der Besteuerung beschreibt schließlich die Steuerzahlung für die erste Periode, welche einen Wert in Höhe von 70 € beträgt (6).

Die Steuerzahlung wird dann in den Steuerzahlungsbereich im VOFI eingetragen (7). Nun ist es möglich, den Zahlungssaldo der ersten Periode mit Steuerzahlung zu ermitteln. Die Berechnung des Zahlungssaldos erfolgt hier auf die gleiche Methode wie beim VOFI (ohne Steuern), jedoch wird hier die Steuerzahlung mit einbezogen. Infolge dessen ergibt sich der Zahlungssaldo in  $t_1$  durch die Differenz von Einnahmenüberschuss, Annuität und Steuerzahlung (Zahlungssaldo = Einnahmenüberschuss - Annuität - Steuerzahlung). Im vorliegenden Beispiel hat der Zahlungssaldo in  $t_1$  einen negativen Wert (-24 €) somit entsteht für den Investor die Möglichkeit einer Zwischenfinanzierung auszuführen. Diese kann jedoch nur mit (-) Sollzinsen durchgeführt werden, welche im dargestellten Beispiel einen Wert in Höhe von 9% betragen (8). Durch die Zwischenfinanzierung ergeben sich in  $t_2$  Sollzinsen von 2 € und eine Rückzahlung von 24 €, welche vom Investor in  $t_2$  erstattet werden müssen. Die Sollzinsen der Periode  $t_2$  (2 €) werden dann in die steuerliche Nebenrechnung übertragen, um die Steuerzahlung der Periode  $t_2$  zu berechnen und somit den Zahlungssaldo der Periode  $t_2$  zu bestimmen.

Nach der Ermittlung des Zahlungssaldos der Periode  $t_2$  kann nun das Anlagenkonto der Periode  $t_2$  ausgerechnet werden. Das Anlagekonto der Periode  $t_2$  stellt das Ergebnis der Berechnung der folgenden Beträge dar: Zahlungssaldo  $t_2$ , (-) Sollzinsen  $t_2$  und (-) Rückzahlung  $t_2$ . Im vorliegenden Beispiel beträgt das Anlagekonto der Periode  $t_2$  einen negativen Wert (-63 €) und somit wird hier auch eine weitere Zwischenfinanzierung durchgeführt. Für die folgenden Perioden wiederholt sich die gleiche Berechnungsweise (solange das Anlagekonto einen negativen Wert aufweist) bis hin zur vorletzten Periode. In der letzten Periode des Investitionszeitraumes wird der Veräußerungserlös bei der VOFI-Berechnung miteinbezogen. Darüber hinaus werden der Veräußerungserlös und der Restbuchwert bei der Berechnung der Steuerzahlung berücksichtigt (9). Das vorhandene Beispiel weist schließlich ein Endvermögen in Höhe von 9.046 € auf. Dies bedeutet in Folge, dass sich das eingesetzte Eigenkapital von 8.000 € in 5 Jahren zu einem Endvermögen in Höhe von 9.046 € entwickelt.<sup>127</sup>

Zur Beurteilung der Vorteilhaftigkeit einer Investition mittels der vollständigen Finanzpläne sind neben dem Endwert weitere Kennzahlen zu berücksichtigen. Diese sind wie folgt zu ermitteln.

## II. Kennzahlen eines vollständigen Finanzplanes

### a) VOFI-Eigenkapitalrentabilität

Die VOFI-Eigenkapitalrentabilität stellt eine Zielgröße eines vollständigen Finanzplanes dar und wird anhand von drei Faktoren ermittelt, diese umfassen: das eingesetzte Eigenkapital (EK), der Investitionszeitraum (n) einschließlich des Endwertes bzw. Endvermögens ( $EW^M$ ). Die VOFI-Eigenkapitalrentabilität bildet einen Zinsfuß ( $g_{EK}^M$ ), der das eingesetzte Eigenkapital in  $t=0$  auf den Endwert in Betracht der Zinseszinsen anwachsen lässt. Schließlich lässt sich die VOFI-Eigenkapitalrentabilität mittels der folgenden Gleichungen erläutern.<sup>128</sup>

$$\begin{array}{lcl} EK \cdot q^n = EW^M & & \text{(dabei ist zu beachten, dass } EW^M \text{ (der Endwert)} \geq 0 \text{ ist)} \\ q = 1 + g_{EK}^M & \longrightarrow & (1 + g_{EK}^M)^n = \frac{EW^M}{EK} \end{array}$$

Durch die Umstellung der Gleichung nach ( $g_{EK}^M$ ) ergibt sich:  $g_{EK}^M = \sqrt[n]{\frac{EW^M}{EK}} - 1$

Neben der VOFI-Eigenkapitalrentabilität wird weiterhin die Opportunität ( $g_{EK}^O$ ) bestimmt:

Zur Berechnung der Opportunität  $g_{EK}^O$  gilt:  $g_{EK}^O = \sqrt[n]{\frac{EW^O}{EK}} - 1$   
(dabei ist zu beachten, dass  $EW^O$  (der Endwert)  $\geq 0$  ist)

Formel 9: Berechnung von VOFI-Eigenkapitalrentabilität und VOFI-Opportunität, Quelle: (Grob, 2006, S. 245)

<sup>127</sup> Vgl. (Schulte, 2008, S. 660,661,662)

<sup>128</sup> Vgl. (Grob, 2006, S. 244,245,246)

Die Opportunität stellt hier eine Unterlassungsalternative bzw. eine risikofrei Finanzanlage dar.<sup>129</sup> Insgesamt kann die Investition als vorteilhaft betrachtet werden, wenn die VOFI-Eigenkapitalrentabilität ( $g_{EK}^M$ ) größer ist als die Opportunität ( $g_{EK}^O$ ):  $g_{EK}^M > g_{EK}^O$ . Die VOFI-Eigenkapitalrentabilität und die Opportunität repräsentieren hier zwei Kennzahlen, die wiederum zwei Situationen verkörpern. Die VOFI-Eigenkapitalrentabilität resultiert aus dem Einsatz des Eigenkapitals in  $t=0$  für eine Investition. Die Opportunität bildet hingegen eine Kennzahl, welche durch den Einsatz des in  $t=0$  verfügbaren Eigenkapitals für eine Geldanlage erwirtschaftet wird. Somit stellt sich hier also die Frage, welche Situation die höchste Rentabilität aufweist. Ist die VOFI-Eigenkapitalrentabilität größer als die Opportunität, wird die Investition als vorteilhaft betrachtet und ist somit empfehlenswert für die Durchführung. Weist die Opportunität einen höheren Wert auf, ist hier eine Geldanlage vorteilhafter als die Investition.<sup>130</sup>

### b) VOFI-Gesamtkapitalrentabilität

Die VOFI-Gesamtkapitalrentabilität bildet eine weitere Kennzahl eines vollständigen Finanzplanes und dient dazu, die erzielte Verzinsung des eingesetzten Kapitals über den Nutzungszeitraum der Investition aufzuzeigen. Die VOFI-Gesamtkapitalrentabilität wird durch die im Folgend liegende Gleichung bestimmt:

$$g_{GK} = \sqrt[N]{\frac{EW^M + FK_0 + Z^S}{EK + FK_0}} - 1 \longrightarrow (EW^M + FK_0 + Z^S \geq 0)$$

Formel 10: Berechnung von VOFI-Gesamtkapitalrentabilität, Quelle: (Brocke, 2011, S. 86)

Zur Beurteilung der Vorteilhaftigkeit eines Investitionsobjekts anhand der VOFI-Gesamtkapitalrentabilität ist hier die so genannte durchschnittliche Kapitalkosten ( $k$ ) zu bestimmen:<sup>131</sup>

$$\text{durchschnittliche Kapitalkosten} \longrightarrow k = \sqrt[N]{\frac{EK + Z^O + FK_0 + Z^S}{EK + FK_0}} - 1$$

Formel 11: Berechnung der durchschnittlichen Kapitalkosten, Quelle: (Brocke, 2011, S. 86)

Symbole:		
$EW^M$ : Endwert der Investition	$EK$ : Eigenkapital	$Z^O$ : Opportunitätszinsen <sup>132</sup>
$FK_0$ : Fremdkapital	$Z^S$ : Fremdkapitalzinsen	$k$ : Kapitalkostensatz

Die Investition ist daher vorteilhaft, wenn die VOFI-Gesamtkapitalrentabilität ( $g_{GK}$ ) größer als der Kapitalkostensatz ( $k$ ) ist:  $g_{GK} > k$ .<sup>133</sup>

<sup>129</sup> Vgl. (Schulte, 2005, S. 403)

<sup>130</sup> Vgl. (Grob, 2006, S. 245,246)

<sup>131</sup> Vgl. (Brocke, 2011, S. 85,86)

<sup>132</sup> (Grob, 2006, S. 255)

### c) *VOFI-Endvermögen*

Das VOFI-Endvermögen (auch Endwert (EW) genannt) gibt Auskunft über das Resultat eines vollständigen Finanzplans, hat zur Aufgabe, die Vorteilhaftigkeit einer Investition zu beurteilen.<sup>134</sup> Zur Bestimmung der Vorteilhaftigkeit einer Investition mittels des Endwertes sind zwei Zielgrößen zu ermitteln: Endwert der Investition ( $EW^M$ ) und Endwert der Opportunität ( $EW^O$ ). Dabei gilt folgendes: ist der Endwert der Investition größer als der Endwert der Opportunität ( $EW^M > EW^O$ ), wird das Investitionsobjekt als Vorteilhaft bezeichnet. Der Vergleich ( $EW^M > EW^O$ ) kann hier durch eine Zusammensetzung von VOFI-Gesamtkapitalrentabilität ( $g_{GK}$ ) und Endwertkonzept bzw. durchschnittlichen Kapitalkosten ( $k$ ) abgeleitet werden.<sup>135</sup> Infolge ist die Investition durchzuführen wenn:

$$g_{GK} > k \longrightarrow \sqrt[N]{\frac{EW^M + FK_0 + Z^S}{EK + FK_0}} - 1 > \sqrt[N]{\frac{EK + Z^O + FK_0 + Z^S}{EK + FK_0}} - 1$$

Durch die Vereinfachung dieser Formel ergibt sich:  $EW^M > EK + Z^O$

$$EK + Z^O = EW^O \longrightarrow EW^M > EW^O$$

Formel 12: VOFI-Endvermögen, Quelle: (Grob, 2006, S. 261)

### III. *Beurteilung der Vorteilhaftigkeit der Investition mittels VOFIs*

Zur Beurteilung der Vorteilhaftigkeit einer Investition anhand der vollständigen Finanzpläne ist zwischen zwei Auswertungsmöglichkeiten zu unterscheiden, diese umfassen: die absolute und relative Vorteilhaftigkeit.<sup>136</sup>

#### *Die Absolute Vorteilhaftigkeit*

$$\text{Das Endvermögen des Investitionsobjekts} > \text{Opportunität} \longrightarrow \text{das Investitionsobjekt ist absolut vorteilhaft}$$

#### *Die relative Vorteilhaftigkeit*

$$\text{Das Endvermögen des Investitionsobjekts} > \text{das Endvermögen eines zur Wahl stehenden Investitionsobjektes} \longrightarrow \text{das Investitionsobjekt ist relativ vorteilhaft}$$

<sup>133</sup> (Grob, 2006, S. 255)

<sup>134</sup> Vgl. (Schulte, 2005, S. 403)

<sup>135</sup> Vgl. (Grob, 2006, S. 261)

<sup>136</sup> Vgl. (Götze, 2008, S. 120)

### ➤ **Beurteilung der vollständigen Finanzpläne (VOFI)**

Zur Beurteilung der vollständigen Finanzpläne (VOFI) werden die wichtigsten Merkmale der Methode gegenüber den statischen und dynamischen Methoden erläutert. Diese können sich in drei Gesichtspunkte gliedern und sind wie folgt anzuordnen:

- **Klarheit der Annahmen**

Bezüglich der Annahmen der bereits analysierten Methoden ist anhand der Literatur darauf hinzuweisen, dass die VOFI-Methode auf frei gewählte Annahmen basiert, die deutlich und klar, detailliert und realitätsnah sind. Die klassischen Methoden weisen dagegen begrenzte, unklare, pauschale und oft irrealen Annahmen auf. Die VOFI-Methode ermöglicht somit eine klare Darstellung von Zahlungsreihen, um somit einen genauen und transparenten Überblick über alle Zahlungen einschließlich der resultierenden Ergebnisse zu generieren.

- **Kontrollierte und überschaubare Investitionsrechnung**

Bei einem vollständigen Finanzplan werden alle Zahlungen überschaubar auf einen so genannten *Planungshorizont* platziert was im Gegensatz zu den barwertorientierten Rechenverfahren steht, die lediglich auf einen *Investitionszeitpunkt* bezogen sind. Die VOFI-Methode ermöglicht dem Investor somit eine klare Erfassung aller Zahlungsreihen über die Investitionsdauer und ermöglicht es zusätzliche Berechnungen für die zur Verfügung stehende Wiederanlage bzw. unerlässliche Zwischenfinanzierung über die gesamte Investitionsdauer durchführen zu können. Darüber hinaus können die Zinssätze der Wiederanlage oder der Zwischenfinanzierung entsprechend der vorhandenen Situation der Investition orientiert und bestimmt werden.<sup>137</sup>

- **unvollkommener Kapitalmarkt**

Ein weiteres Merkmal der VOFI-Methode gegenüber den klassischen Verfahren vor allem der Kapitalwertmethode definiert die Art des Kapitalmarkts. Während sich die Kapitalwertmethode auf einen vollkommenen Kapitalmarkt beruft, gründet die VOFI-Methode auf einem unvollkommenen Kapitalmarkt.<sup>138</sup> Bei einem vollkommenen Kapitalmarkt sind die Eigen- und Fremdfinanzierung undifferenziert berücksichtigt, weiterhin weist der vollkommene Kapitalmarkt eine undifferenzierte Zugangsmöglichkeit und somit freien Marktzugang für alle Marktteilnehmer auf.<sup>139</sup> „Investoren können auf dem Kapitalmarkt Transaktionen, die Unternehmen durchführen können, auch privat zu denselben Konditionen durchführen.“<sup>140</sup> Zusätzlich wird es bei einem vollkommenen Kapitalmarkt keine Informations- und Aktionskosten sowie auch keine Steuern geben.<sup>141</sup>

---

<sup>137</sup> Vgl. (Schulte, 2005, S. 402,403)

<sup>138</sup> Vgl. (Götze, 2008, S. 129)

<sup>139</sup> Vgl. (Hellerforth, 2008, S. 28)

<sup>140</sup> (Helmut Laux, 2012, S. 371)

<sup>141</sup> Vgl. (Helmut Laux, 2012, S. 371)



Der unvollkommene Kapitalmarkt zeigt dagegen deutliche Differenzen zwischen Soll- und Habenzinssätzen als auch zwischen Eigenfinanzierung und Fremdfinanzierung auf. Verschiedene Zinssätze für die eigene Mittelanlage einschließlich abwechslungsreicher Bedingungen bei der Fremdfinanzierung werden ebenfalls berücksichtigt.<sup>142</sup> Der unvollkommene Kapitalmarkt stellt sich infolge als realistischer Kapitalmarkt gegenüber den vollkommenen Kapitalmarkt dar.

Die dargestellten Methoden zur Investitionsrechnung verdeutlichen eindringlich, dass die vollständigen Finanzpläne VOFI gegenüber den klassischen Rechenverfahren viel Realitätsnähe und eine vorteilhaftere Methode darstellt. Somit ist es sinnvoll die Investitionsrechnung der vorliegenden Arbeit auf Grundlagen der modernen Verfahren (vollständige Finanzpläne VOFI) durchzuführen.

Der kommende Abschnitt des vorliegenden Kapitels beschäftigt sich nun also mit der Datenermittlung eines VOFI, welches anschließend zur Durchführung der Investitionsrechnung der vorhandenen Arbeit eingesetzt wird.

---

<sup>142</sup> Vgl. (Götze, 2008, S. 129)

### 4.3. Datenermittlung der Investitionsrechnung mittels des VOFIs bezogen auf die wirtschaftliche Untersuchung der vorliegenden Arbeit

Die erforderlichen Daten zur Durchführung der Investitionsrechnung mittels des VOFIs lassen sich im Regelfall in zwei Bereiche bzw. zwei Varianten von Zahlungsströmen unterteilen: direkte und indirekte Zahlungen. Zusätzlich zu diesen Zahlungsströmen werden darüber hinaus weitere Daten bezogen auf die betrachteten Investitionen der vorliegenden Arbeit benötigt. Diese beziehen sich grundlegend auf die Daten der Energiekosten. Infolge kann die Gliederung der Datenermittlung der Investitionsrechnung für die wirtschaftliche Untersuchung der vorliegenden Arbeit wie folgt ermittelt werden (Abb.60):

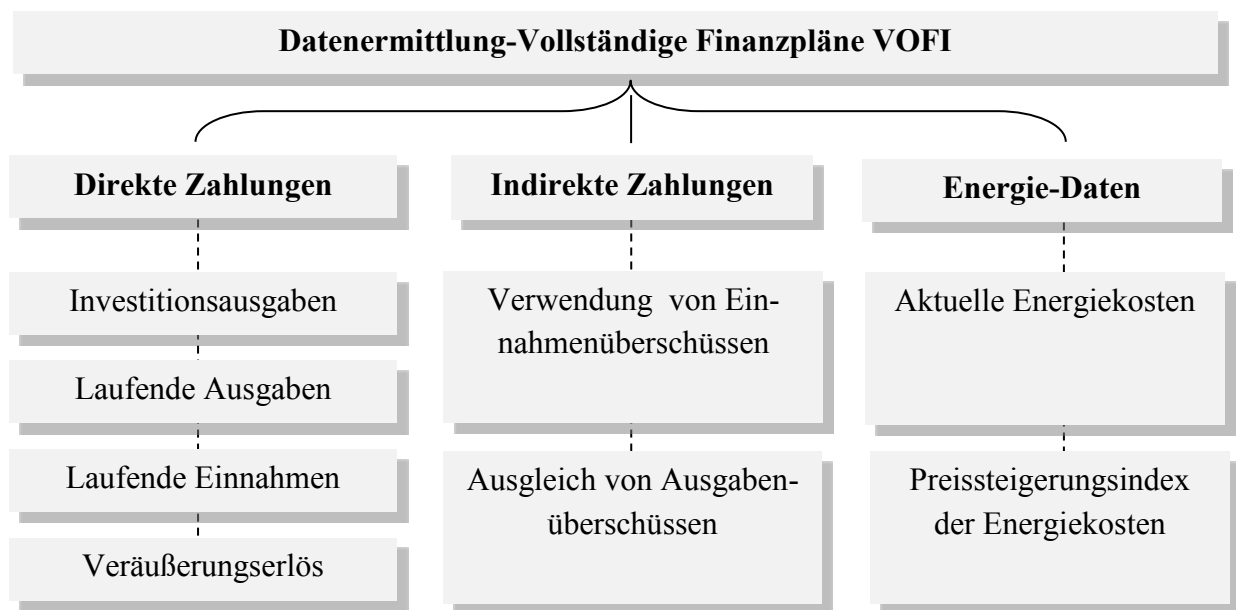


Abbildung 60: Datenermittlung-VOFI, Quelle: Datenermittlung, i.A.a. (Schulte, 2005, S. 395) & eigene Datenermittlung

#### 4.3.1. Direkte Zahlungen

Unter den direkten Zahlungen eines VOFIs gliedern sich vier Reihen von Zahlungsströmen, die wie folgt zu unterteilen sind:

- Investitionsausgabe ( $a_0$ )
- Laufende Ausgaben in den Perioden ( $a_t$ )
- Laufende Einnahmen in den Perioden ( $e_t$ )
- Veräußerungserlös am Ende der Nutzungsdauer ( $R_n$ )

##### I. Investitionsausgabe ( $a_0$ )

Die Investitionsausgabe in  $a_0$  bezieht sich auf eine direkte Zahlung, die in Periode 0 entsteht. Hierbei wird zwischen zwei Varianten von Investitionsausgaben unterschieden: Anschaffungsausgaben und Herstellungsausgaben. Die Anschaffungsausgaben charakterisieren die Auszahlungen, die durch den Einkauf eines Investitionsobjekts verursacht werden, während die Herstellungsausgaben die Auszahlungen widerspiegeln, die durch die eigene Schaffung eines Investitionsobjekts entstehen. Die Abweichung zwischen den beiden Varianten ist stell-

vertretend für die steuerliche Regelung sowie auch für die Bildung der Abschreibung.<sup>143</sup> Was hier deutlich auffällt ist, dass die Investitionsausgaben der vorliegenden Arbeit ausschließlich durch die Anschaffungskosten abgebildet werden. Dabei wird zwischen zwei Gruppen von Anschaffungskosten unterschieden:

- Anschaffungskosten der Bauteile der Gebäudehülle
- Anschaffungskosten der technischen Anlagen

Neben den Anschaffungskosten sind darüber hinaus weitere Zahlungsströme unter den Investitionsausgaben in Erwägung zu ziehen. Diese treten als Baunebenkosten in Erscheinung. Die Baunebenkosten werden gemeinhin als Prozentsatz (%) der Anschaffungskosten dargestellt. Anhand der Literatur können die Baunebenkosten bei einem Prozentsatz in Höhe von (10–20%)<sup>144</sup> der Anschaffungskosten liegen und sind nach DIN 276 in den folgenden Kostengruppen aufzugliedern: *„Bauherrenaufgaben, Vorbereitung der Objektplanung, Architekten- und Ingenieurleistungen, Gutachten und Beratung, Künstlerische Leistungen, Finanzierungskosten und Allgemeine Baunebenkosten“*.

Anhand der oben ermittelten Daten lassen sich schließlich die Investitionsausgaben (Anschaffungskosten und Nebenkosten) für die Investitionen der vorliegenden Arbeit wie folgt aufschlüsseln (Tab.51):

Investitionsausgaben		
Anschaffungskosten	auf Grundlagen der BKI-Kostenplaner	Anhang (A-1, A-2)
Baunebenkosten	10 – 20 % der Anschaffungskosten	Durchschnitt: 15%

Tabelle 51: Investitionsausgaben

## II. Laufende Ausgaben in den Perioden ( $a_t$ )

Die laufenden Ausgaben in den Perioden ( $a_t$ ) bezeichnen die Zahlungsreihen, die in den einzelnen Jahren  $t$  des Planungszeitraumes der Investition erstattet werden.<sup>145</sup> Im Rahmen der vorliegenden Arbeit stellen sich die Instandhaltungskosten als grundsätzliche jährlich laufenden Ausgaben dar, welche im nachfolgend definiert und ermittelt werden.

### a) Definition „Instandhaltung“

Unter dem Begriff Instandhaltung wird nach DIN 31051:2012-09 verstanden: *„Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements während des Lebenszyklus einer Einheit, die dem Erhalt oder der Wiederherstellung ihres funktionsfähigen Zustands dient, sodass sie die geforderte Funktion erfüllen kann“*.

Die Instandhaltung werden nach DIN 31051:2012-09 in vier Gruppen bzw. Grundmaßnahmen eingeteilt: Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Verbesserung (Abb.61).

<sup>143</sup> Vgl. (Schulte, 2005, S. 395)

<sup>144</sup> (Joachim Martin, 2011, S. 364)

<sup>145</sup> Vgl. (Schulte, 2005, S. 398)

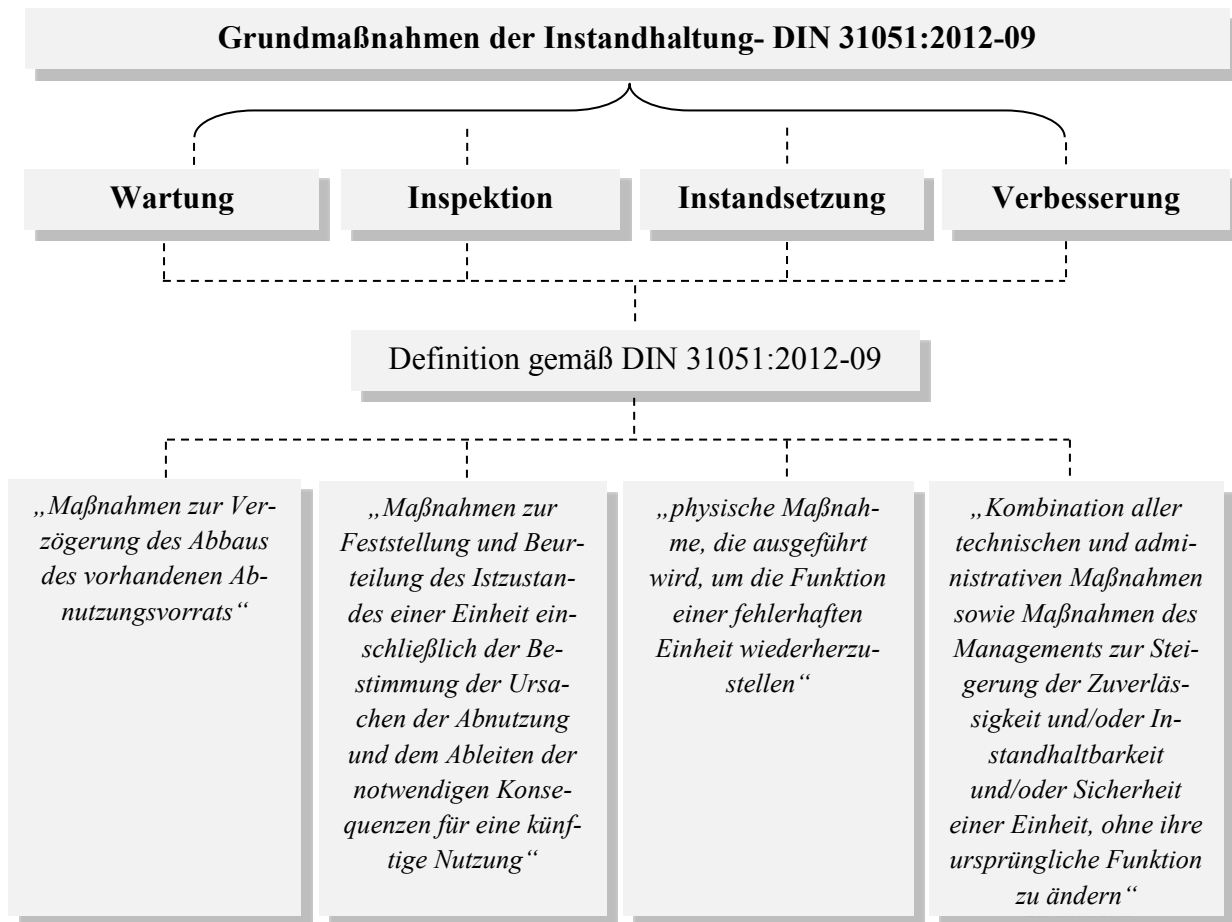


Abbildung 61: Grundmaßnahmen der Instandhaltung, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. DIN 31051:2012-09

### b) Instandhaltungskosten

Die Instandhaltungskosten sind Zahlungsreihen, mit Kriterien wie Qualität des Bauens, Intensität der Objektsnutzung einschließlich Wartungsperioden verbunden sind. Die anfallenden Instandhaltungskosten können in zwei Varianten sortiert werden: periodisch und aperiodisch. Die periodischen Instandhaltungskosten sind Zahlungsströme, die regelmäßig erstattet werden. Die aperiodischen Kosten fallen im Gegenzug unregelmäßig an und werden bei der Investitionsrechnung entsprechend ihrem voraussichtlichen zeitlichen Anfall mit einbezogen.<sup>146</sup>

Im Rahmen der vorhandenen Arbeit werden die beiden erwähnten Varianten der Instandhaltungskosten in Erwägung gezogen und sind anhand der Literatur wie folgt zu ermitteln (Tab.52)

Instandhaltungskosten		
Periodische Instandhaltungskosten	1,1% der Anschaffungskosten <sup>147</sup>	Aufzinsung: 1,43%. <sup>148</sup>
aperiodische Instandhaltungskosten	Einschätzung gemäß den untersuchten Hotels	

Tabelle 52: Instandhaltungskosten

<sup>146</sup> Vgl. (Schulte, 2005, S. 398)

<sup>147</sup> Vgl. (Bahr, 2008, S. 39)

<sup>148</sup> Vgl. (Bahr, 2008, S. 163)

### III. laufende Einnahmen in den Perioden ( $e_t$ )

Die laufenden Einnahmen in den Perioden ( $e_t$ ) stellen die Bezüge dar, die in den einzelnen Jahren  $t$  des Investitionszeitraumes erzielt werden. Hierbei können die Einnahmen durch Vermietung, Nebenkostenanteil als auch Erlöse eines Objektes erwirtschaftet werden.<sup>149</sup> In Hinsicht auf die vorliegende Arbeit beziehen sich die laufenden Einnahmen in den Perioden ( $e_t$ ) auf die Bezüge, die durch die Steigerung der Energieeffizienz bei Hotels erwirtschaftet werden, welche wiederum durch die Miet- und Pachtverträge der Hotelimmobilie in den einzelnen Jahren  $t$  des Planungszeitraumes verwirklicht werden.

Gemäß der Befragten Hotels ist zu bemerken, dass die Einnahmen durch die Investition im Rahmen der Energieeffizienz zwar durch die Vermietung der produktiven Hotelbereiche erzielt werden, jedoch dabei keine Umlage auf die Miete dieser Bereiche erfolgt. Um das Prinzip zur Bestimmung der erzielten Einnahmen durch die Steigerung der Energieeffizienz bei Hotels verstehen zu können, wird in erster Linie die Struktur der Zahlungsströme (Einnahmen und Ausgaben) eines Hotels erläutert.

#### a) Aufteilung der Hotelbereiche bezogen auf die Zahlungsströme

Die Hotelimmobilien lassen sich in zwei Bereiche bezogen auf die Zahlungsströme splitten, diese umfassen: produktive und unproduktive Bereiche. *Die produktiven Bereiche* nehmen Bezug auf die Hotelfläche, mit denen Einnahmen durch Miet- und Pachtverträge generiert werden.<sup>150</sup> Dazu zählen: Hotelzimmer, Gastronomie-Bereiche wie Restaurants, Bars, Tagungs- und Veranstaltungsräume, als auch Geschäfts- und Freizeitflächen. *Unproduktive Bereiche* zählen zu Hotelflächen, die im Regelfall keine Einnahmen erzielen und über die produktiven Flächen finanziert werden, wie Verkehrs- und Etagenflächen (Abb.62).<sup>151</sup>

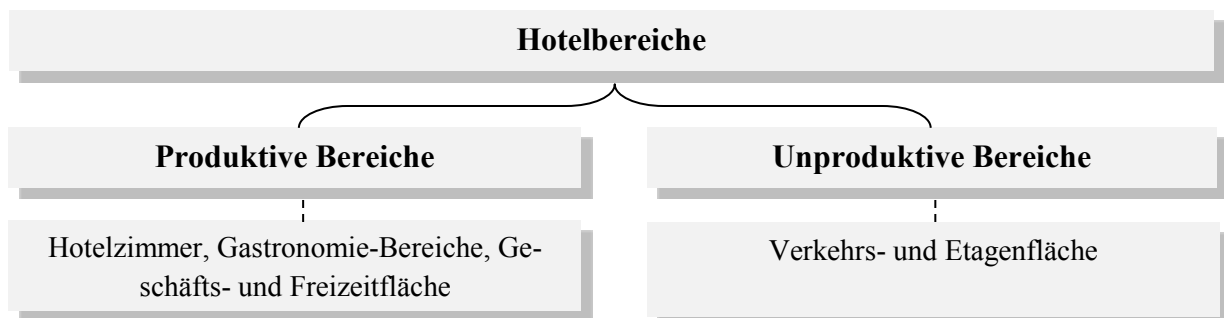


Abbildung 62: Hotelbereiche bezogen auf die Zahlungsströme, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Doleschal, 2008, S. 98,99)

Die produktiven Bereiche markieren somit ein wesentliches Element hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit einer Hotelimmobilie, insofern sie dazu dienen, Zahlungsströme wie Umsätze durch Miet- und Pachtverträge zu erzielen. Darüber hinaus sind sie einschließlich der unproduktiven Bereiche aber auch für weitere Zahlungsströme wie die Betriebskosten verantwortlich.<sup>152</sup>

<sup>149</sup> Vgl. (Schulte, 2005, S. 397)

<sup>150</sup> Vgl. (Fischer, 2011, S. 168)

<sup>151</sup> Vgl. (Doleschal, 2008, S. 98,99)

<sup>152</sup> Vgl. (Fischer, 2011, S. 168,169)

Um sich einen genauen Blick über die Strukturierung der Umsätze und Betriebskosten sowie auch Energiekosten einer Hotelimmobilie verschaffen zu können, wird zunächst ein Beispiel über die Anordnung dieser Zahlungsströme dargestellt (Tab.53).

**b) Darstellung der Umsätze und Betriebskosten einer Hotelimmobilie**

<b>Betriebserlöse (pro Zimmer)</b>		
Logis		21.518,98 €
Gastronomie		3.437,50 €
Sonstiges 4%		1.039,85 €
.Gesamterlös der Abteilung		<b>25.996,34 €</b>
<b>Direkt zurechenbare Betriebskosten (pro Zimmer) (in % des jeweiligen Abteilungserlöses)</b>		
Logis	29,00%	6.240,51 €
Gastronomie	79,00%	2.715,63 €
Sonstiges	39,00%	405,54 €
. Direkt zurechenbare Betriebskosten der Abteilungen		<b>-9.361,67 €</b>
= Gesamtergebnis der Abteilungen (Departmental Income)		<b>16.634,66 €</b>
<b>Nicht direkt zurechenbare Betriebskosten (pro Zimmer) (in % des Gesamterlöses)</b>		
Verwaltungskosten (personal, Versicherung, etc.)	8,00%	2.079,71 €
<b>Energie-, Wasser- und sonstige Betriebskosten</b>	<b>4,00%</b>	<b>1.039,85 €</b>
Instandhaltungskosten	5,00%	1.299,82 €
Marketing	7,00%	1.819,74 €
. Nicht direkt zurechenbare Betriebskosten		<b>-6.239,12 €</b>
=Brutto-Betriebsergebnis vor Management (Net-IBFC & Management		<b>10.395,54 €</b>
<b>Managementvergütungen (pro Zimmer)</b>		
Management Grundhonorar, in % des Gesamterlöses	3,00%	779,89 €
Management Leistungshonorar, in % des GOP vor Management	10,00%	1.039,55 €
Franchise Kosten		0,00 €
. Managementvergütungen		<b>-1.819,44 €</b>
= Brutto-Betriebsergebnis nach Management (GOP)		<b>8.576,10 €</b>
<b>Anlagenbedingte Kosten (pro Zimmer) (in % des Gesamterlöses)</b>		
Versicherungen, Grundsteuern, sonstiger Verwaltungsaufwand	1,00%	259,96 €
Instandhaltung Dach & Fach	2,00%	519,93 €
Geräteverleih	0,50%	129,98 €
Erneuerungsrücklage	5,00%	1.299,82 €
. Anlagenbedingte Kosten gesamt		<b>-2.209,69 €</b>
=Netto-Betriebsergebnis (NOP)		<b>6.366,41 €</b>
<b>Sonstige Unternehmenswertrelevanten Komponenten (pro Zimmer)</b>		
Immaterielle Anlagewerte*		0 €
. Immaterielle Anlagewerte		0,00 €
=Immobilienbezogener Ertrag aus dem Hotelbetrieb (NOP)		<b>6.366,41 €</b>
*= Mehrerlös durch Markenzugehörigkeit, wenn der individuelle Erlös des Objektes unterstellt wurde. Keine Berücksichtigung bei Unterstellung eines durchschnittlichen, ortsspezifischen Erlöses der gleichen Hotelkategorie.		

Tabelle 53: Umsätze und Betriebskosten einer Hotelimmobilie, Quelle: eigene Darstellung i.A.a. (Fischer, 2011, S. 234,236)

Die oben aufgeschlüsselte Tabelle repräsentiert folglich die Systematik der Zahlungsströme (Einnahmen und Ausgaben) einer Hotelimmobilie. Die Einnahmen sind dabei das Ergebnis der Miet- und Pachtverträge der produktiven Bereiche, die als Betriebserlöse bezeichnet werden. Die Ausgaben resultieren im Rückschluss aus den Betriebskosten der Immobilie und sind in folgende Auszahlungsströme anzuordnen: direkt Betriebskosten, indirekte Betriebskosten, Managementvergütungen und Anlagenbedingte Kosten. Die Differenz zwischen den Gesamt-

erlösen und der Summe der erwähnten Auszahlungsströme ergibt schließlich das Netto-Betriebsergebnis (NOP) (Abb.63).

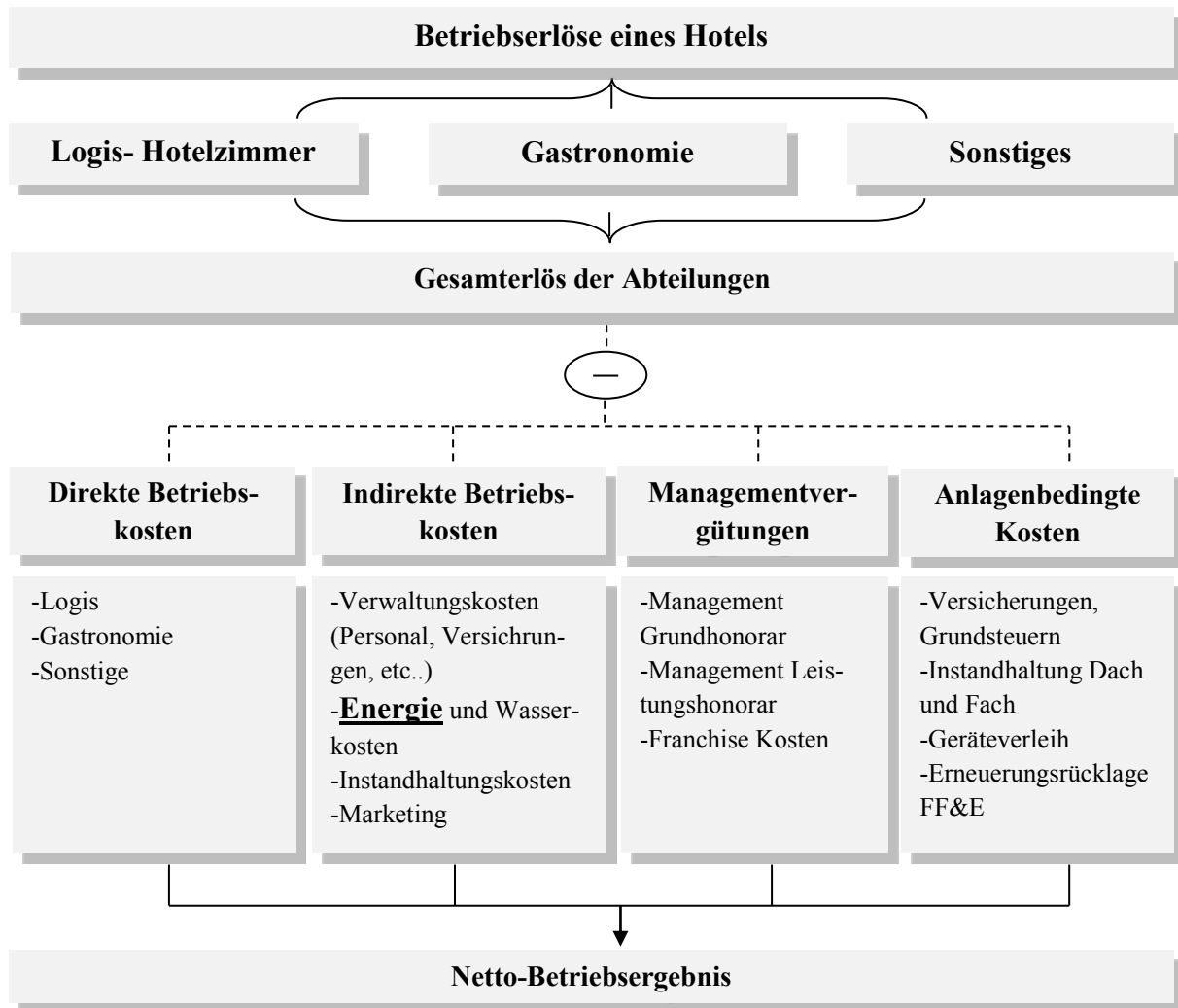


Abbildung 63: Umsätze und Betriebskosten einer Hotelimmobilie, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Fischer, 2011, S. 234,236)

### c) Gliederung der Energiekosten im Rahmen der gesamten Betriebskosten

Anhand des vorliegenden Beispiels ist festzustellen, dass die sich die Energiekosten unter den indirekten Betriebskosten einordnen. Sie stellen sich als Prozentsatz dar und sind wie folgt zu ermitteln:

Die Energiekosten einer Hotelimmobilie = Prozentsatz (%) des Gesamterlöses der Abteilungen (Logis-Hotelzimmer, Gastronomie und Sonstiges)

Die Energiekosten werden schlussfolgernd von dem Erlös der Abteilungen (Logis-Hotelzimmer, Gastronomie und Sonstiges) bzw. von dem Gesamterlös des Hotels gedeckt. Der Energiekostenanteil am Gesamterlös des Hotels symbolisiert hier eine bedeutende Kennzahl, welche zur Bestimmung der Einnahmen, die durch die Investition im Rahmen der Energieeffizienz bei Hotels realisiert werden, zu berücksichtigen ist.

**d) Das Prinzip zur Bestimmung der laufenden Einnahmen anhand des Energiekostenanteils am Erlös einer Hotelimmobilie, welche durch die Steigerung der Energieeffizienz realisiert werden**

Das Prinzip zur Bestimmung der laufenden Einnahmen lässt sich anhand des im Folgend liegenden Diagramms (Abb.64) verdeutlichen.

Das Diagramm zeigt den Energiekostenanteil am Gesamterlös einer Hotelimmobilie. Dabei ist zwischen zwei Hotelvarianten zu unterscheiden: Standard-Hotelvariante und EnEV-Hotelvariante. Bei der Standard-Hotelvariante beträgt der Energiekostenanteil einen Wert in Höhe von (X=Prozentsatz% der Hotelerlöse). Bei der EnEV-Hotelvariante liegt der Energiekostenanteil bei (O=X-E: das Symbol (E) bildet hier den Anteil der Verringerung der Energiekosten durch die Umsetzung von EnEV-Anforderungen in dem Hotel). Durch die Verringerung der Energiekosten bei der EnEV-Hotelvariante ergibt sich zur Folge, dass sich bei der EnEV-Hotelvariante ein höherer Erlös durch die Vermietung der produktiven Bereiche gegenüber der Standard-Hotelvariante ergibt, da weniger Energiekosten von dem Erlös abgezogen werden müssen. Die zusätzliche Einnahme bei dem Erlös der EnEV-Hotelvariante wird hier als laufende Einnahmen betrachtet.

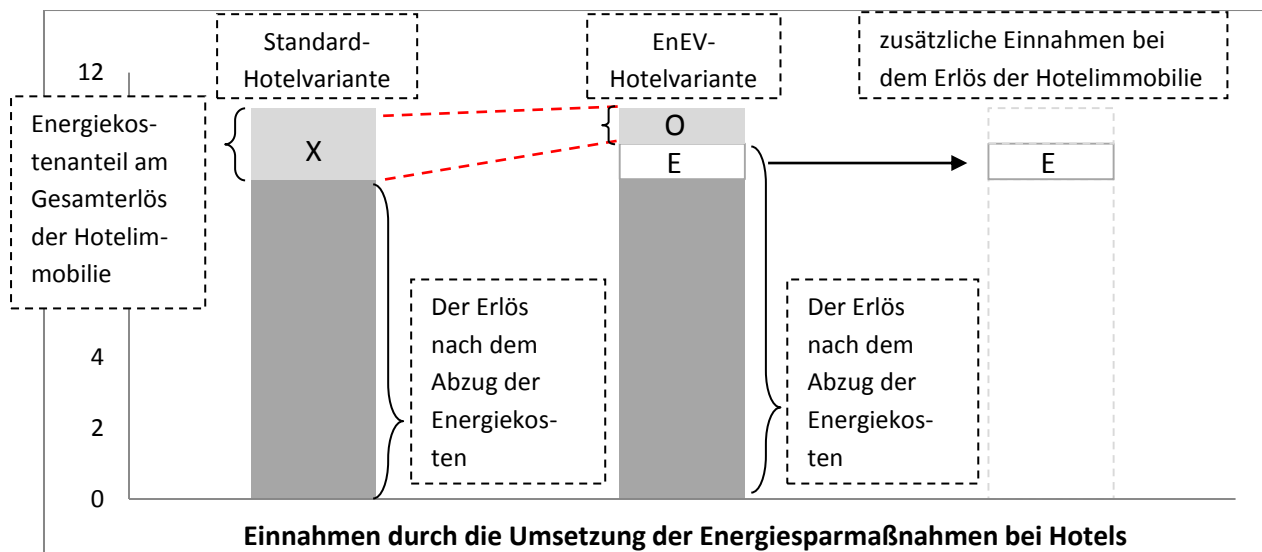


Abbildung 64: Das Prinzip zur Bestimmung der laufenden Einnahmen

Auf Basis des erläuterten Prinzips lassen sich also die laufenden Einnahmen in den Perioden ( $e_t$ ) für die Investitionsrechnung der vorliegenden Arbeit wie folgt definieren:

**Die laufenden Einnahmen in den Perioden ( $e_t$ ) = der Energiekostenanteil am Gesamterlös der Hotelimmobilie bei der Standard-Hotelvariante - der Energiekostenanteil am Gesamterlös der Hotelimmobilie bei der EnEV-Hotelvariante.**



#### e) Ausgabenüberschüsse ( $\ddot{u}_t$ )

Anhand der laufenden Einnahmen und laufenden Ausgaben können nun die Ausgabenüberschüsse berechnet werden. Mittels des bereits erläuterten VOFI-Beispiels ergeben sich die Ausgabenüberschüsse durch die Differenz zwischen den laufenden Einnahmen und den laufenden Ausgaben ( $e_t - a_t$ ), welche als direkte Zahlungsströme für jede Periode des VOFIs eingesetzt werden.

#### IV. Veräußerungserlös ( $R_n$ )

Der Veräußerungserlös ( $R_n$ ) bildet den Restwert des Objektes am Ende seines Investitionszeitraumes ( $n$ ) und wird zur Berechnung des VOFI-Endvermögens bzw. der VOFI-EK-Rendite miteinbezogen.<sup>153</sup> Der Veräußerungserlös lässt sich anhand einer mathematischen Methode ermitteln. Dabei sind die Faktoren, der jährliche Abschreibungsbetrag und die Restjahre der Nutzungsdauer des Investitionsobjektes, zu berücksichtigen:<sup>154</sup>

$$\text{jährlicher Abschreibungsbetrag} = \frac{\text{Restwert}}{\text{Restjahre}}$$

Formel 13: Berechnung des Jährlichen Abschreibungsbetrags, Quelle: (Aubeck, 2012, S. 167)

Durch die Umstellung der Gleichung auf den Restwert ergibt sich:

$$\text{Veräußerungserlös} = \text{Restwert} = \text{jährlicher Abschreibungsbetrag} \times \text{Restjahre}$$

Die Restjahre repräsentieren hier die Anzahl der Jahre, die aus der Differenz zwischen der Nutzungsdauer des Objektes und dem Investitionszeitraum berechnet werden. Der jährliche Abschreibungsbetrag lässt sich schließlich mittels der folgenden Gleichung ermitteln:

$$\text{Jährlicher Abschreibungsbetrag} = \frac{\text{Anschaffungskosten}}{\text{Nutzungsdauer}}$$

Formel 14: Berechnung des Jährlichen Abschreibungsbetrags, Quelle: (Aubeck, 2012, S. 160)

Bei der vorliegenden Arbeit wird davon ausgegangen, dass die Hotelimmobilie (Untersuchungsobjekt) am Ende des Investitionszeitraumes veräußert wird. Infolge dessen werden die Veräußerungserlöse der auf der wirtschaftlichen Untersuchung bezogenen Bauteile und technischen Anlagen anhand der oben erläuterten Gleichungen berechnet und bei der Investitionsrechnung miteinbezogen.

<sup>153</sup> Vgl. (Schulte, 2005, S. 399)

<sup>154</sup> Vgl. (Aubeck, 2012, S. 167)

#### 4.3.2. Indirekte Zahlungen

Die indirekten Zahlungen eines VOFIs bilden weitere Zahlungsströme im Rahmen der Investitionsrechnung. Die indirekten Zahlungen können in drei Zahlungsreihen gegliedert werden: „Verwendung von Einnahmeüberschüssen, Ausgleich von Ausgabeüberschüssen und Ertrag und Substanzsteuern“.<sup>155</sup> (Abb.65)

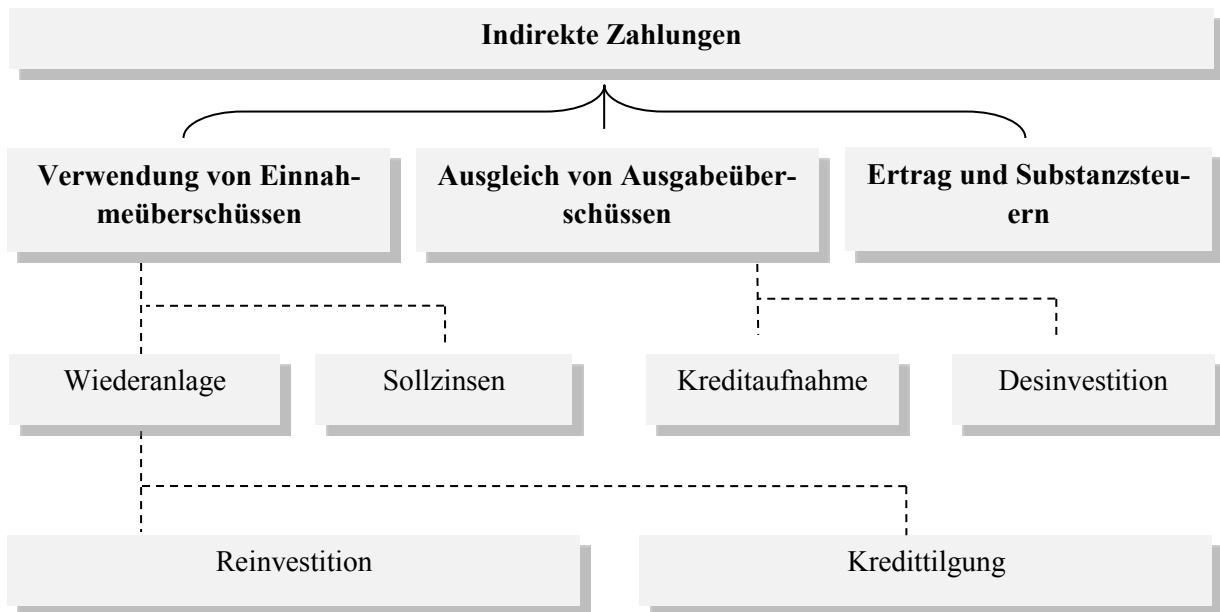


Abbildung 65: Indirekte Zahlungen, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Jens Liebchen, 2010, S. 196)

Unter der Verwendung von Einnahmeüberschüssen unterteilt man zwei Zahlungsalternativen: die Wiederanlage der Einnahmeüberschüsse und Sollzinsen. Bei der Wiederanlage handelt es sich um zwei Varianten: Reinvestition und Kredittilgung. Unter der Reinvestition können die folgenden Prozesse in Frage kommen:

- Die Wiederverwendung der Einnahmeüberschüsse in Finanzanlage z.B. Festgeld
- Optimierung des vorhandenen Objektes
- Investition in andere Objekte

Die Einnahmeüberschüssen können außerdem für die Kredittilgung eingesetzt werden. Dies hat den Sinn, die Zinsbelastung des Kredits zu vermindern. Eine weitere Zahlungsreihe der indirekten Zahlungen ist der Ausgleich von Ausgabeüberschüssen. Dieser kann durch zwei Prozesse ermöglicht werden: Kreditaufnahme oder Desinvestition. Die Desinvestition bezieht sich auf die Beendigung der Investition durch die Veräußerung des Objektes oder die Beendigung der Finanzanlage.<sup>156</sup>

Im Hinblick auf die Investitionsrechnung der vorliegenden Arbeit wird davon ausgegangen, dass die resultierenden Einnahmeüberschüsse in Form einer kurzfristigen Finanzanlage reinvestiert und somit (+Habenzinsen) dadurch erwirtschaften werden. Bei Ausgabeüberschüssen wird hingegen eine Zwischenfinanzierung (Kreditaufnahme) durchgeführt. Dabei wird jedoch mit einer Verzinsung (-Sollzinsen) gerechnet. Die Haben-, und Sollzinsen werden anhand der

<sup>155</sup> (Jens Liebchen, 2010, S. 196)

<sup>156</sup> Vgl. (Schulte, 2005, S. 400)

auf dem Markt zur Verfügung stehenden aktuellen Angebote berücksichtigt und können wie folgt ermittelt werden (Tab.54).

Zinssätze	
Habenzinsen	1,50 %
Sollzinsen	12,50 %

Tabelle 54: Habenzinsen und Sollzinsen

#### 4.3.3. Energie-Daten

Bezogen auf der vorliegenden Arbeit sind zusätzlich zu den bereits erwähnten direkten und indirekten Zahlungsströmen die Daten über die Energiekosten zu ermitteln. Die erforderlichen Daten in diesem Zusammenhang teilen sich grundlegend in zwei Inputgrößen: die Energiekosten und der Preissteigerungsindex der Energiekosten. In Hinsicht auf die Energiekosten handelt es sich in dieser Arbeit um die Ermittlung von Energiekosten für Hotels bzw. gewerblichen Energiekosten. Diese werden entsprechend dem Energiebedarf der untersuchten Hotels anhand der auf dem Markt zur Verfügung stehenden aktuellen Energiekosten bestimmt (Anhang A-3).

Die Ermittlung des Preissteigerungsindex der Energiekosten erfolgt hingegen durch die Berücksichtigung der aktuellen und früheren Energiekosten. Der Zweck ist, die Entwicklung der Energiekosten in den letzten Jahren zu identifizieren und somit die zukünftigen Energiekosten prognostizieren zu können. Die Berechnung des Preissteigerungsindex der Energiekosten lässt sich mittels der Zinseszinsformel durchführen.

$$K_n = K_0 \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right)^n \rightarrow P = \left(\sqrt[n]{\frac{K_n}{K_0}} - 1\right) \cdot 100$$

$p$  ist die Preissteigerung in %  
 $n$  ist die Anzahl der Jahre  
 $K_n$  ist der Energiepreisindex nach  $n$  Jahren  
 $K_0$  ist der aktuellen Energiepreisindex

Formel 15: Zinseszinsformel, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Konrad Wimmer, 2013, S. 16)

Die Entwicklung des Preisindex für die im Rahmen der Investitionsrechnung der vorliegenden Arbeit betrachteten Energieträger wurde mittels von Daten des Statistischen Bundesamtes „Daten zur Energiepreisentwicklung“<sup>157</sup> festgelegt. Anhand der Daten wurde der Preissteigerungsindex für jeweiligen Energieträger berechnet und ist schließlich wie folgt zu ermitteln (Tab.55).

Energieträger	Preissteigerungsindex
Heizöl	7,44%
Erdgas	3,93%
Strom	5,28%
Fernwärme	4,79%

Tabelle 55: Energie-Preissteigerungsindex, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. Statistisches Bundesamt (2014)

<sup>157</sup> Vgl. Statistisches Bundesamt (2014)

#### 4.3.4. Investitionsentscheidungen

Zur Durchführung der Investitionsrechnung mittels des VOFIs sind neben der Datenermittlung auch Investitionsentscheidungen zu berücksichtigen. Zu diesen zählen die folgenden Inputgrößen:

- Investitionszeitraum
- Eigenkapital
- Fremdfinanzierung

##### 4.3.4.1. Investitionszeitraum

Die Investitionsrechnung der vorliegenden Arbeit bezieht sich auf die Investition in Bereichen Gebäudehülle und Gebäudetechnik der Hotels. Zur Bestimmung des Investitionszeitraumes der betrachteten Investitionsobjekte, wird zunächst die Nutzungsdauer der Investitionsobjekte ermittelt. In Form einer Befragung des technischen und baulichen Personals der untersuchten Hotels ist festzustellen, dass die Nutzungsdauern der Bauteile der Gebäudehülle (bauliche wärmeschütz (Fenster-Dämmung)) und der technischen Anlagen abweichende Zeiträume aufweisen. Diese können durchschnittlich 15 Jahre für die technischen Anlagen und 30 Jahre für den baulichen Wärmeschütz (Fenster-Dämmung) betragen (Tab.56).

Bauteil - technische Anlage	Nutzungsdauer
Baulicher Wärmeschutz (Dämmung-Fenster)	30 Jahre
Beleuchtungsanlage	15 Jahre
Wärmeversorgungssystem	15 Jahre
Lüftungsanlage	15 Jahre
Klimaanlage	15 Jahre
Solaranlage	15 Jahre

Tabelle 56: Nutzungsdauer der Bauteile und technischen Anlagen in Hotels

Um die betrachteten Objekte bezüglich der Vorteilhaftigkeit der Investition miteinander vergleichen zu können, wird hier ein einheitlicher Investitionszeitraum für alle Investitionen übernommen. Dieser macht schließlich einen Zeitraum in Höhe von 15 Jahren aus. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass der Restwert bzw. der Liquidationserlös der Investitionsobjekte, deren Nutzungszeitraum über 15 Jahren liegt, berücksichtigt und bei der Berechnung des VOFI-Endvermögens mit herangezogen wird.

##### 4.3.4.2. Eigenkapital

Zu den Voraussetzungen der Vergleichbarkeit von verschiedenen Investitionsobjekten gehört ebenso die Bestimmung des Eigenkapitals. Laut Literatur kann das Eigenkapital der Investition in Hotels zwischen einem Wert in Höhe von 25% bis 35% der Investitionskosten abweichen.<sup>158</sup> In der vorliegenden Arbeit wird aufgrund dessen ein durchschnittlicher Wert für das Eigenkapital übernommen, welcher somit bei 30% der Investitionskosten der betrachteten Objekte liegt. Der restliche Wert der Investitionskosten wird schließlich durch das Fremdkapital gedeckt.

<sup>158</sup> Vgl. (Martina Fidlschuster, 2011, S. 137)

#### 4.3.4.3. Fremdfinanzierung

Eine weitere Inputgröße der Investitionsrechnung die es zu bestimmen gilt ist die Fremdfinanzierung. Die Fremdfinanzierung bezieht sich dabei auf die Außenfinanzierung. Dabei wird die Investition von einem Fremdkapital finanziert. Die Fremdfinanzierung wird auch als Kreditfinanzierung bezeichnet<sup>159</sup> und ist gemäß § 488 BGB (Bürgerliches Gesetzbuch) wie folgt zu regeln „Der Darlehensgeber wird durch den Darlehensvertrag verpflichtet, dem Darlehensnehmer einen Geldbetrag in der vereinbarten Höhe zur Verfügung zu stellen. Der Darlehensnehmer ist verpflichtet, einen geschuldeten Zins zu zahlen und bei Fälligkeit das zur Verfügung gestellte Darlehen zurück zu erstatten“.<sup>160</sup> Die Fremdfinanzierung kann in zwei Varianten gegliedert werden:

- kurzfristige Fremdfinanzierung: Laufzeit des Kredits erreicht bis zu einem Jahr
- langfristige Fremdfinanzierung: Laufzeit des Kredits erreicht mehr als fünf Jahre.<sup>161</sup>

Auf Grund des langfristigen Investitionszeitraumes der betrachteten Investitionsobjekte handelt es sich somit bei der Investitionsrechnung um eine langfristige Fremdfinanzierung. Die langfristige Fremdfinanzierung kann nach der Art der Rückzahlung in drei verschiedenen Varianten unterteilt werden: Festdarlehen, Tilgungsdarlehen und Annuitätendarlehen.

##### I. Festdarlehen

Bei Festdarlehen wird das Kapital über die gesamte Laufzeit des Kredits zur Verfügung gestellt. Dabei erfolgt eine konstante Zinsenzahlung über die Laufzeit des Kredits, während die Tilgung in voller Höhe am Ende der Laufzeit bzw. am Fälligkeitstag zurückgezahlt werden muss. Das Festdarlehen wird in der Regel als teure Kreditform betrachtet. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Zinsen über die gesamte Laufzeit bezogen auf den vollen Betrag des Darlehns berechnet und zurück erstattet werden (Abb.66).<sup>162</sup>

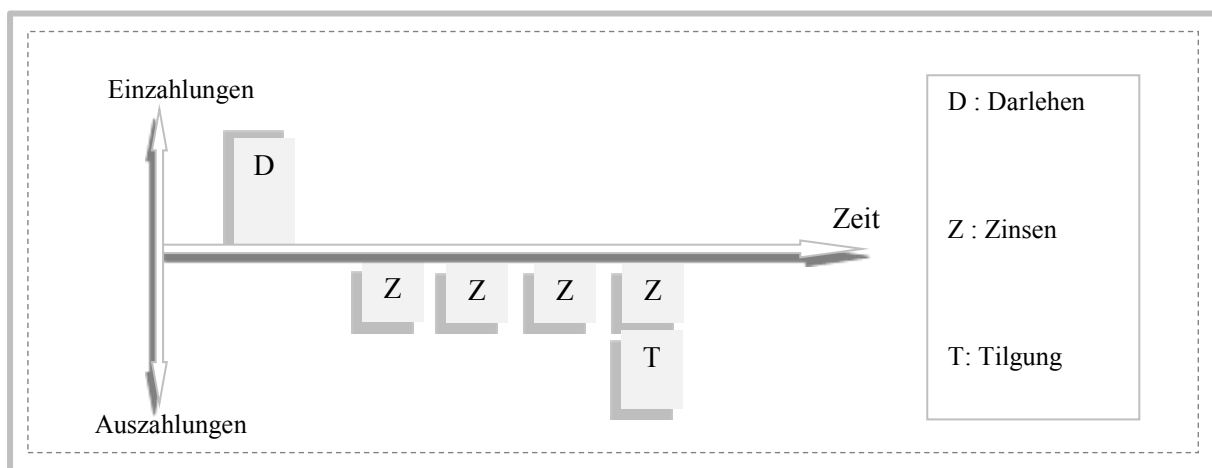


Abbildung 66: Prinzip des Festdarlehens, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Wünsche, 2010, S. 155)

<sup>159</sup> Vgl. (Sascha Paustian, 2014, S. 138)

<sup>160</sup> (Günter Wöhe, 2013, S. 247)

<sup>161</sup> Vgl. (Wünsche, 2010, S. 151)

<sup>162</sup> Vgl. (Wünsche, 2010, S. 155)

## II. Tilgungsdarlehen

Die zweite Kreditform ist das Tilgungsdarlehen. Beim Tilgungsdarlehen wird die Tilgung konstant über die gesamte Laufzeit zurückgezahlt, während die Zinsen bezogen auf den restlichen Darlehensschuld jährlich berechnet und zurück erstattet werden. Ein wichtiges Merkmal dass beim Tilgungsdarlehen zu nennen ist, dass die Zinszahlungen im Lauf der Zeit stets sinken, was in Folge dazu führt, dass die Gesamtbelastung des Darlehens ebenfalls jährlich sinkt (Abb.67).<sup>163</sup>

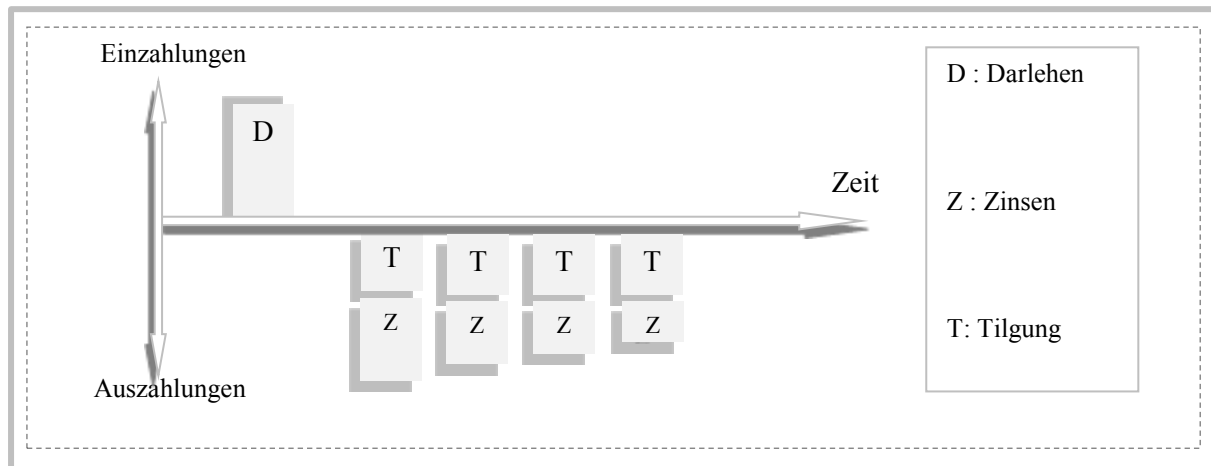


Abbildung 67: Prinzip des Tilgungsdarlehens, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Wünsche, 2010, S. 156)

## III. Annuitätendarlehen

Die dritte Kreditform wird als Annuitätendarlehen bezeichnet. Diese ist, gegenüber den anderen Darlehensarten, eine der am meisten eingesetzten Kreditformen bezüglich der langfristigen Fremdfinanzierung. Bei dem Annuitätendarlehen sinken die Zinsen jährlich, während die Tilgung steigt. Dies hat den Vorteil, dass die jährliche Gesamtbelastung bzw. der Zahlungsmittelabfluss konstant bleibt und somit keine hohen Zahlungsbelastungen weder am Anfang noch am Ende der Laufzeit des Kredits auftreten (Abb.68).<sup>164</sup>

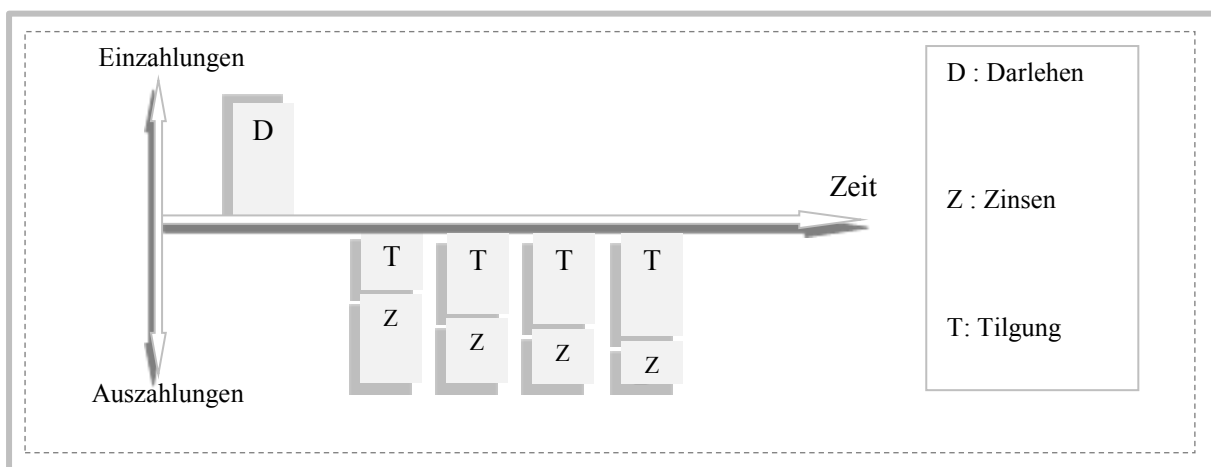


Abbildung 68: Prinzip des Annuitätendarlehens, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Wünsche, 2010, S. 156)

<sup>163</sup> Vgl. (Wünsche, 2010, S. 155,156)

<sup>164</sup> Vgl. (Wünsche, 2010, S. 155,156)

Im Fokus auf die Kreditformen ist festzustellen, dass das Annuitätendarlehen eine vorteilhaftere Kreditform darstellt und somit schließlich bei der Investitionsrechnung der vorliegenden Arbeit übernommen wird. Neben der Bestimmung der Kreditform sind weiterhin die Zinssätze der Finanzierung zu identifizieren. Dabei sind langfristige Fremdkapitalzinsen zu berücksichtigen. Diese werden bezogen auf die Daten der Investitionsobjekte der vorliegenden Arbeit (Baufinanzierung) anhand der auf dem Markt zur Verfügung stehenden aktuellen Angebote berücksichtigt und sind wie folgt zu ermitteln (Tab.57).

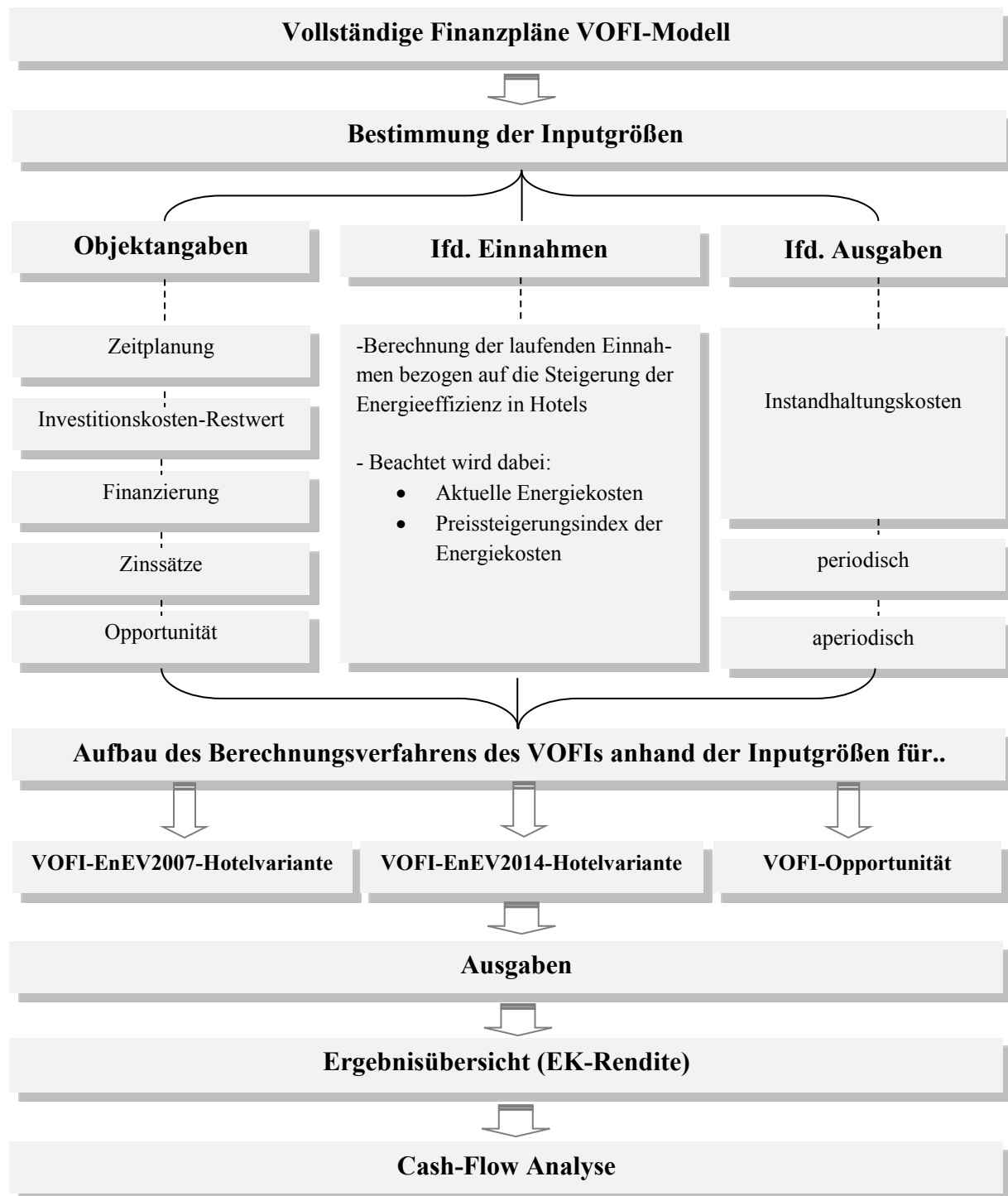
<b>Zinssätze</b>	
langfristige Fremdkapitalzinsen (überwiegend)	3,50% - 5,50%
Durchschnittliche langfristige Fremdkapitalzinsen	4,50 %

Tabelle 57: langfristige Fremdkapitalzinsen

#### 4.4. Aufbau des Modells der vollständigen Finanzpläne (VOFI) bezogen auf die Anforderungen der vorliegenden Arbeit

Nach der Ermittlung und Bereitstellung der erforderlichen Daten zur Durchführung der Investitionsrechnung wird im weiteren Verlauf der Arbeit ein VOFI-Modell aufgebaut. Die Methodik und die Kennzahlen des Modells lassen sich wie folgt verdeutlichen.

##### 4.4.1. Methodik und Kennzahlen des Modells





#### **4.4.2. Beschreibung des VOFI- Modells**

Das VOFI-Modell wurde mit Hilfe der Excel-Software realisiert. Die benötigten VOFI-Rechenverfahren innerhalb der Excel-Software wurden anhand eines bereits bearbeiteten VOFI-Modells (Haas 2007)<sup>165</sup> abgeleitet, anschließend entsprechend den Anforderungen der vorliegenden Arbeit weiter entwickelt und schließlich zur Realisierung des vorhandenen VOFI-Modells eingesetzt. Das Modell soll schließlich den Nutzen haben, die Investitionsrechnung mit möglichst wenig Aufwand und in einem geringen Zeitraum durchführen zu können. Um einen Überblick über das VOFI-Modell zu erlangen, werden im Folgenden deren Struktur und Kennzahlen Anhand einer ausgewählten Variante des Modells dargestellt und erläutert.

##### **4.4.2.1. Struktur und Kennzahlen des Modells**

- *Menü*
- *Objektangaben*
- *Laufende Einnahmen*
- *Laufende Ausgaben*
- *VOFI-Berechnung*
- *Ergebnisübersicht*
- *Cash-Flow*

##### **I. Menü-Blatt**

Das Menü-Blatt fungiert als erstes Tabellenblatt des Modells, und unterstützt dabei, sich einen Überblick über die VOFI-Tabellenblätter zu verschaffen. Das Menü-Blatt ist in drei Abschnitte aufgeteilt (Eingaben, Berechnung und Ausgaben). In jeweiligen Abschnitt befindet sich eine Reihe von Feldern, die mit den einzelnen Tabellenblättern des Modells in Verbindung stehen. Durch das Anklicken eines Feldes wird das mit diesem Feld verbundene Tabellenblatt aktiviert bzw. aufgerufen (Abb.69).

##### **II. Objektangaben**

Eine umfassende Übersicht über das Tabellenblatt „Objektangaben“ kann durch die im Folgenden liegende Abbildung (Abb.70) erlangt werden. Im Objektangaben-Blatt sind grundsätzlich zwei Bereiche untergliedert. Ein oberer Bereich, in dem allgemeine Daten über das Investitionsobjekt einschließlich der Ergebnisübersicht gezeigt werden und ein unterer Bereich, welcher für die Inputgrößen der Investitionsrechnung zugeschnitten ist. Die Inputgrößen unterteilen sich dabei in mehreren Abschnitte und sind wie folgt zu gliedern: Investitionszeitraum, Investitionskosten, Liquidationserlös, Finanzierung, Zinsensätze und Opportunität. Der jeweilige Abschnitt der Inputgrößen verfügt über mehrere Felder, die in weißen und grauen Farben gekennzeichnet sind. Die weißen Felder stellen die Angaben-Felder dar, in denen Daten und Zahlen für jede untersuchte Hotelvariante eingegeben werden. Die grauen Felder bilden die Bereiche, die mit kalkulatorischen Formeln verbunden sind, die der VOFI-Berechnung dienen. Die Ergebnisse der Kalkulationen werden in diesen Feldern automatisch gezeigt.

---

<sup>165</sup> Vgl. (Haas, 2007 )

# Vollständiger Finanzplan-VOFI

Investitionsrechnung zur Beurteilung der Vorteilhaftigkeit der Investition in

EnEV 2007-Hotelvariante & EnEV 2014-Hotelvariante: Gebäudehülle - Dämmung

## Eingaben

Objektangaben

lfd. Einnahmen

lfd. Ausgaben

## Berechnung

VOFI - Variante 1

VOFI - Variante 2

VOFI - Opportunität

## Ausgaben

Ergebnisübersicht

Grafik Cash Flow

Abbildung 69: Menü-Blatt

Objektangaben <span>a</span>				Die untersuchten Varianten <span>b</span>				Ergebnisübersicht <span>c</span>	
Art des Objektes	<input type="text" value="Hotel"/>			Variante 1	<input type="text" value="EnEV 2007-Hotelvariante: Modernisierung- Gebäudehülle-Dämmung"/>			Variante 1	<input type="text" value="7,29%"/>
Maßnahme	<input type="text" value="Modernisierung nach EnEV"/>			Variante 2	<input type="text" value="EnEV 2014-Hotelvariante: Modernisierung- Gebäudehülle-Dämmung"/>			Variante 2	<input type="text" value="7,93%"/>
Bereich der Maßnahme	<input type="text" value="Modernisierung-Dämmung"/>							Opportun.	<input type="text" value="2,60%"/>

<span>d</span> Investitionszeitraum				<span>G</span> Finanzierung				<span>J</span> Opportunität	
	Betriebsbeginn	Betriebsende	Investitionszeitraum		Eigenkapitalsatz (%)	Eigenkapital (€)	Fremdkapital (€)	Betriebsdauer (Kreditlaufzeit)	risikofreie Finanzanlage
Variante 1	<input type="text" value="01.01.2014"/>	<input type="text" value="01.01.2029"/>	<input type="text" value="15 Jahre"/>	Variante 1	<input type="text" value="30,00%"/>	<input type="text" value="56.707,72 €"/>	<input type="text" value="132.318,01 €"/>	<input type="text" value="15 Jahre"/>	Finanzanlage Eigenkapital
Variante 2	<input type="text" value="01.01.2014"/>	<input type="text" value="01.01.2029"/>	<input type="text" value="15 Jahre"/>	Variante 2	<input type="text" value="30,00%"/>	<input type="text" value="80.118,44 €"/>	<input type="text" value="186.943,02 €"/>	<input type="text" value="15 Jahre"/>	<input type="text" value="2,60%"/>

<span>E</span> Investitionskosten				<span>H</span> langfristiger Fremdkapitalzins/Tilgungsform				<span>I</span> kurzfristige Zinsen	
	Anschaffungskosten	Nebenkosten	Σ Investitionskosten		langfristiger Fremdkapitalzins	Tilgungsform		Wiederanlage Zinserträge	
Variante 1	<input type="text" value="164.370,20 €"/>	<input type="text" value="24.655,53 €"/>	<input type="text" value="189.025,73 €"/>	Variante 1	<input type="text" value="4,50%"/>	<input type="text" value="annuitätisch"/>		<input type="text" value="2,60%"/>	
Variante 2	<input type="text" value="232.227,36 €"/>	<input type="text" value="34.834,10 €"/>	<input type="text" value="267.061,46 €"/>	Variante 2	<input type="text" value="4,50%"/>	<input type="text" value="annuitätisch"/>			

<span>F</span> Liquidationserlös	
Variante 1	<input type="text" value="82.185,10 €"/>
Variante 2	<input type="text" value="116.113,68 €"/>

[zurück zum Menü](#)

Abbildung 70: Objektangaben

### ***a) Allgemeine Daten über das Investitionsobjekt***

Das Modell verfügt über einen für die allgemeinen Daten des Investitionsobjekts zugeschnittenen Bereich, welcher im oberen Teil des Objektangaben-Blattes angeordnet ist. In diesem Bereich befinden sich mehrere Felder, die für die folgenden Daten zugeteilt sind: Art des Objektes, Maßnahme oder Art der Maßnahme einschließlich des Bereiches der Maßnahme (Abb.70-Abschnitt **(a)**). Weitere Angaben beschäftigen sich mit den Daten über die untersuchten Hotelvarianten (Abb.70-Abschnitt **(b)**). Dabei sollen möglichst kurze und detaillierte Beschreibungen über die jeweilig betrachtete Variante eingegeben werden.

Neben den Daten des Investitionsobjektes sind in diesem Bereich weiterhin Felder für die Zielgrößen (Ergebnisübersicht) angelegt worden. Die Felder der Ergebnisübersicht stehen mit der VOFI-Berechnung in Verbindung und repräsentieren somit die Rendite der jeweiligen untersuchten Hotelvariante einschließlich der Opportunität. Werden die Inputgrößen der Investitionsrechnung verändert, ändern sich die Ergebnisse in diesen Feldern automatisch. Diese Anordnung verschafft einen ständig aktualisierten Überblick über die Ergebnisse der Investitionsrechnung und ermöglicht deshalb, die untersuchten Varianten unmittelbar miteinander in Vergleich zu setzen (Abb.70-Abschnitt **(c)**).

### ***b) Inputgrößen der Investitionsrechnung***

- ***Investitionszeitraum (Abb.70-Abschnitt (d))***

Zur Bestimmung des Investitionszeitraumes beim VOFI-Modell sind zwei Zeitpunkte zu berücksichtigen und zu ermitteln: Betriebsbeginn und Betriebsende. Durch die Bestimmung der beiden Zeitpunkte wird die Betriebsdauer bzw. der Investitionszeitraum berechnet und im dafür zugeschnittenen Feld automatisch dargestellt.

- ***Investitionskosten (Abb.70-Abschnitt (E))***

Eine weitere Inputgröße des Modells bilden die Investitionskosten. Sie bestehen aus zwei Zahlungsströmen: Anschaffungskosten und Nebenkosten. Die Nebenkosten repräsentieren einen Prozentsatz % der Anschaffungskosten und werden durch die Eingabe der Anschaffungskosten automatisch berechnet und dargestellt. Die Investitionskosten ergeben sich schließlich durch die Summe aus Anschaffungskosten und Nebenkosten.

- ***liquidationserlös (Abb.70-Abschnitt (F))***

Bei dem Liquidationserlös handelt es sich um den Restwert des Objektes am Ende des Investitionszeitraumes. Der Restwert wird zur Berechnung der Rendite miteingezogen. Für den Fall, dass das Investitionsobjekt keinen Restwert aufweist, ist generell eine Null im Feld des Liquidationserlöses einzutragen.

- ***Finanzierung (Abb.70-Abschnitt (G))***

Das Model verfügt weiterhin über einen für die Finanzierung zugeteilten Abschnitt, der zur Bestimmung des Betrags des Eigen- und Fremdkapitals dient. Das Eigenkapital stellt sich dabei als Prozentsatz der gesamten Investitionskosten dar. Durch die Bestimmung dieses Pro-

zentsatzes wird der Wert des Eigenkapitals automatisch berechnet und in dem dafür zugeordneten Feld eingetragen. Das Fremdkapital ergibt sich dann aus der Differenz zwischen den Investitionskosten und dem Eigenkapital. Schließlich kann der Prozentsatz des Eigenkapitals durch einen Regler verändert werden, der somit auch den Wert des Eigenkapitals einschließlich des Fremdkapitals entsprechend anpasst.

- ***langfristige Fremdkapitalzinsen und Tilgungsform (Abb.70-Abschnitt (H))***

Die langfristigen Fremdkapitalzinsen werden bei dem Modell für die jeweilige untersuchte Variante mit einem eigenem Feld und Regler versehen. Dies ermöglicht, die prognostizierten Zinssätze für jede Variante separat zu bestimmen. Darüber hinaus kann durch das Modell auch die Kreditform identifiziert werden. In der vorliegenden Arbeit wird das Annuitätendarlehen als Kreditform angenommen. Zur Berechnung der Annuität mittels des Excel-Modells ist die Funktion RMZ einzusetzen.<sup>166</sup> Die Funktion steht dabei für *RMZ= Regelmäßige Zahlung*. Sie wird im Regelfall zur Bestimmung der Annuität verwendet und dient dazu, dass die Annuität regelmäßig und konstant pro Periode erstattet wird.<sup>167</sup>

- ***kurzfristige Zinsen (Abb.70-Abschnitt (I))***

Mittels des Modells können weiterhin die kurzfristigen Zinsen (Soll- und Habenzinsen) identifiziert werden. Die Felder der beiden Zinsarten sind ebenfalls mit einem Regler ausgestattet und können somit entsprechend der prognostizierten Zinssätze konfiguriert werden

- ***Opportunität (Abb.70-Abschnitt (J))***

Im Bereich der Objektangaben kann schließlich der Zinssatz der Opportunität eingegeben werden. Die Opportunität stellt, wie bereits erwähnt wurde, eine risikofreie Geldanlage dar, und wird in der vorliegenden Arbeit als Festgeld betrachtet. Sie dient dazu, eine Aussage über die Vorteilhaftigkeit der untersuchten Investitionsvarianten treffen zu können.

---

<sup>166</sup> Vgl. (Wünsche, 2010, S. 156)

<sup>167</sup> Vgl. (Jens Fleckenstein, 2009, S. 229,230)

### **III. Laufende Einnahmen**

Das Prinzip zur Berechnung der laufenden Einnahmen der vorliegenden Arbeit wurde im Abschnitt (4.3.1 - III) ausführlich erläutert und ist wie folgt zusammenzufassen: Die laufenden Einnahmen ergeben sich aus der Differenz zwischen dem Energiekostenanteil am Erlös der Standard-Hotelvariante und dem Energiekostenanteil am Erlös der untersuchten Hotelvarianten bzw. EnEV-Hotelvarianten. Zur Berechnung der laufenden Einnahmen anhand des VOFI-Modells sind in erster Linie die Energiekosten für die jeweilige untersuchte Hotelvariante in den zugeordneten weißen Feldern einzutragen (Abb.71-Abschnitt (a)). Diese werden in die laufenden Jahre des Investitionszeitraumes mit dem Energiepreissteigerungsindex aufgezinster. Die Aufzinsung wird durch die Eingabe des Prozentsatzes der prognostizierten Energiepreissteigerung aktiviert (Abb.71-Abschnitt (b)). Der eingetragene Prozentsatz kann schließlich mit Hilfe des Reglers entsprechend dem Energiepreissteigerungsindex des vorhandenen Energieträgers angepasst werden.

### **IV. Laufende Ausgaben**

Neben den laufenden Einnahmen sind weiterhin die laufenden Ausgaben im Rahmen der Investitionsrechnung zu berücksichtigen. Im Tabellenblatt (laufende Ausgaben (Abb.72)) sind drei Bereiche vorhanden: Preissteigerungsindex, periodische Instandhaltungskosten und aperiodische Instandhaltungskosten. Der Bereich der periodischen Instandhaltungskosten ist mit Feldern für die jeweilige untersuchte Hotelvariante versehen (Abb.72-Abschnitt (a)). In den weißen Feldern werden die jährlich erwarteten periodischen Instandhaltungskosten eingetragen, die wiederum in die laufenden Jahre mit dem Preissteigerungsindex aufgezinster werden. Um die Aufzinsung durchführen zu können, soll der Preissteigerungsindex für die Instandhaltungskosten prognostiziert und in dem zugeteilten weißen Feld eingetragen werden (Abb.72-Abschnitt (b)). Der Wert des Preissteigerungsindex kann hier ebenso mit einem Regler entsprechend verändert und festgelegt werden. Darüber hinaus sind in Hinsicht auf die laufenden Ausgaben aperiodische Instandhaltungskosten in Betracht zu ziehen (Abb.72-Abschnitt (c)). Diese repräsentieren die Kosten, die aufgrund der unregelmäßigen großen Wartungen auftreten können.<sup>168</sup> Im Bereich der aperiodischen Instandhaltungskosten wird für die jeweilige Hotelvariante und für das jeweilige Jahr des Investitionszeitraumes ein Feld zugeteilt. Die aperiodischen Instandhaltungskosten können somit in die Jahren, in denen sie anfallen könnten, eingegeben und aufgezinster werden. Die jährliche Summe der periodischen und aperiodischen Instandhaltungskosten ergibt schließlich die jährlichen Instandhaltungskosten.

---

<sup>168</sup> Vgl. (Schulte, 2005, S. 398)

# BERECHNUNG DER LAUFENDEN EINNAHMEN

Hotel - Modernisierung nach EnEV

Modernisierung-Dämmung

## Ergebnisübersicht

Variante 1 7,29%

Variante 2 7,93%

Opportun. 2,60%

### Berechnung der laufenden Einnahmen

Art der Energieträger

b

Fernwärme

Preissteigerungsindex

4,79%

### Energiekostenanteile am Gesamterlös der jeweiligen Hotelvariante

### laufende Einnahmen

	Standard-Hotelvariante	Variante 1: EnEV 2007-Hotelvariante	a	Variante 2: EnEV 2014-Hotelvariante	Variante 1: EnEV 2007-Hotelvariante	Variante 2: EnEV 2014-Hotelvariante
1. Jahr	232.132,30 €	218.041,40 €		211.300,53 €	14.090,90 €	20.831,77 €
2. Jahr	243.251,44 €	228.485,58 €		221.421,83 €	14.765,85 €	21.829,61 €
3. Jahr	254.903,18 €	239.430,04 €		232.027,93 €	15.473,14 €	22.875,25 €
4. Jahr	267.113,04 €	250.898,74 €		243.142,07 €	16.214,30 €	23.970,97 €
5. Jahr	279.907,76 €	262.916,79 €		254.788,57 €	16.990,97 €	25.119,18 €
6. Jahr	293.315,34 €	275.510,51 €		266.992,95 €	17.804,83 €	26.322,39 €
7. Jahr	307.365,14 €	288.707,46 €		279.781,91 €	18.657,69 €	27.583,24 €
8. Jahr	322.087,93 €	302.536,55 €		293.183,46 €	19.551,39 €	28.904,47 €
9. Jahr	337.515,95 €	317.028,05 €		307.226,95 €	20.487,90 €	30.289,00 €
10. Jahr	353.682,96 €	332.213,69 €		321.943,12 €	21.469,27 €	31.739,84 €
11. Jahr	370.624,37 €	348.126,73 €		337.364,20 €	22.497,65 €	33.260,18 €
12. Jahr	388.377,28 €	364.802,00 €		353.523,94 €	23.575,29 €	34.853,34 €
13. Jahr	406.980,55 €	382.276,01 €		370.457,74 €	24.704,54 €	36.522,82 €
14. Jahr	426.474,92 €	400.587,03 €		388.202,66 €	25.887,89 €	38.272,26 €
15. Jahr	446.903,07 €	419.775,15 €		406.797,57 €	27.127,92 €	40.105,50 €
16. Jahr	468.309,73 €	- €		- €	- €	- €
17. Jahr	490.741,76 €	- €		- €	- €	- €
18. Jahr	514.248,30 €	- €		- €	- €	- €
19. Jahr	538.880,79 €	- €		- €	- €	- €
20. Jahr	564.693,18 €	- €		- €	- €	- €

zurück zum Menü

Abbildung 71: Berechnung der laufenden Einnahmen

# BERECHNUNG DER LAUFENDEN AUSGABEN

Hotel - Modernisierung nach EnEV

Modernisierung-Dämmung

Ergebnisübersicht

Variante 1 7,29%

Variante 2 7,93%

Opportun. 2,60%

## Instandhaltungskosten

Preissteigerungsindex

b

1,43%

	periodische Instandhaltungskosten			aperiodische Instandhaltungskosten					
	Variante 1		Variante 2	Variante 1		c		Variante 2	Variante 2
	EnEV 2007-Hotelvariante	a	EnEV 2014-Hotelvariante		aufgezinst				aufgezinst
1. Jahr	1.808,07 €		2.554,50 €		- €				- €
2. Jahr	1.833,93 €		2.591,03 €		- €				- €
3. Jahr	1.860,15 €		2.628,08 €		- €				- €
4. Jahr	1.886,75 €		2.665,66 €		- €				- €
5. Jahr	1.913,73 €		2.703,78 €	3.616,14 €	3.882,20 €				- €
6. Jahr	1.941,10 €		2.742,45 €		- €			5.109,00 €	5.563,33 €
7. Jahr	1.968,86 €		2.781,66 €		- €				- €
8. Jahr	1.997,01 €		2.821,44 €		- €				- €
9. Jahr	2.025,57 €		2.861,79 €	3.616,14 €	4.109,07 €				- €
10. Jahr	2.054,54 €		2.902,71 €		- €			5.109,00 €	5.888,44 €
11. Jahr	2.083,92 €		2.944,22 €		- €				- €
12. Jahr	2.113,72 €		2.986,32 €		- €				- €
13. Jahr	2.143,94 €		3.029,03 €		- €				- €
14. Jahr	2.174,60 €		3.072,34 €		- €				- €
15. Jahr	2.205,70 €		3.116,28 €		- €				- €
16. Jahr	- €		- €		- €				- €
17. Jahr	- €		- €		- €				- €
18. Jahr	- €		- €		- €				- €
19. Jahr	- €		- €		- €				- €
20. Jahr	- €		- €		- €				- €

zurück zum Menü

Abbildung 72: Berechnung der laufenden Ausgaben

## **V. VOFI-Berechnung**

Ein weiterer Bestandteil des VOFI-Modells sind die Tabellenblätter der VOFI-Berechnung (Abb.73) und (Abb.74). In diesem Teil werden alle Inputgrößen (Objektangaben, laufende Einnahmen und laufende Ausgaben) anhand der Methodik zur Berechnung der vollständigen Finanzpläne zusammengesetzt, welche bereits im Abschnitt (4.2.1.3) ausführlich erläutert wurde. Zusätzlich zu den Eingaben der Zahlungsreihen bei dem VOFI-Beispiel (Abschnitt (4.2.1.3)), werden bei dem VOFI-Modell weitere Eingaben berücksichtigt. Diese umfassen: den Guthabenstand (das Anlagenkonto jeweiliger Periode) und den Bestandsaldo der jeweiligen Periode. Der Bestandsaldo ergibt sich hier durch die Differenz zwischen dem Guthabenstand und dem Kreditstand (Kredit nach Tilgung).<sup>169</sup> Der Bestandssaldo der letzten Periode wird als VOFI-Endvermögen bezeichnet, das zur Beurteilung der absoluten und relativen Vorteilhaftigkeit der Investition eingesetzt wird.

### **I. Ergebnisübersicht**

Das Tabellenblatt „Ergebnisübersicht“ zeigt abschließend ein Resume der Ergebnisse der VOFI-Berechnung und ermöglicht darüber hinaus, das VOFI-Endvermögen und die VOFI-EK-Rendite der jeweiligen untersuchten Hotelvariante mit der Opportunität automatisch zu vergleichen und somit die absolute und die relative Vorteilhaftigkeit der Varianten aufzuzeigen (Abb.75).

### **II. Die Grafik „Cash-Flow“**

Unter dem Begriff „Cash-Flow“ wird bezogen auf Investitionen verstanden *„alle Zahlungsausgänge, die mit Investition ins Anlagevermögen für Maschinen, Grundstücke, Gebäude usw. verbunden sind“*.<sup>170</sup> Die Grafik „Cash-Flow“ des aufgebauten VOFI-Modells setzt sich mit der VOFI-Berechnung in Verbindung und hat schließlich die Aufgabe, die jährliche Entwicklung des Guthabenstandes der jeweiligen untersuchten Hotelvariante visuell darzustellen. Dies dient dazu, die untersuchten Investitionsvarianten hinsichtlich des Guthabenstandes in Vergleich zu setzen und somit zu beurteilen (Abb.76).

---

<sup>169</sup> Vgl. (Müller, 2014, S. 421)

<sup>170</sup> (Bösch, 2013, S. 23)



VOFI - VARIANTE 1																
Periode	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>Direkte Zahlungen</b>																
Investitionskosten	- 189.025,73 €															
Einnahmenüberschüsse		12.282,83 €	12.931,93 €	13.612,99 €	14.327,55 €	11.195,03 €	15.863,73 €	16.688,83 €	17.554,38 €	14.353,26 €	19.414,74 €	20.413,73 €	21.461,57 €	22.560,60 €	23.713,29 €	24.922,22 €
Veräußerungserlös		- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	82.185,10 €
<b>Indirekte Zahlung</b>																
Eigenkapital	56.707,72 €															
Fremdkapital	132.318,01 €															
Zinsen FK 4,50%	-	5.954,31 €	- 5.667,83 €	- 5.368,45 €	- 5.055,60 €	- 4.728,67 €	- 4.387,04 €	- 4.030,02 €	- 3.656,95 €	- 3.267,08 €	- 2.859,67 €	- 2.433,93 €	- 1.989,03 €	- 1.524,10 €	- 1.038,26 €	- 530,55 €
Tilgung	-	6.366,32 €	- 6.652,81 €	- 6.952,18 €	- 7.265,03 €	- 7.591,96 €	- 7.933,60 €	- 8.290,61 €	- 8.663,69 €	- 9.053,55 €	- 9.460,96 €	- 9.886,71 €	- 10.331,61 €	- 10.796,53 €	- 11.282,37 €	- 11.790,08 €
Annnuität	-	12.320,63 €	- 12.320,63 €	- 12.320,63 €	- 12.320,63 €	- 12.320,63 €	- 12.320,63 €	- 12.320,63 €	- 12.320,63 €	- 12.320,63 €	- 12.320,63 €	- 12.320,63 €	- 12.320,63 €	- 12.320,63 €	- 12.320,63 €	- 12.320,63 €
Zahlungssaldo	-	37,81 €	611,29 €	1.292,35 €	2.006,91 €	- 1.125,60 €	3.543,10 €	4.368,19 €	5.233,74 €	2.032,63 €	7.094,10 €	8.093,10 €	9.140,94 €	10.239,97 €	11.392,66 €	94.786,69 €
Rückzahlung	-	- €	37,81 €	568,76 €	1.869,64 €	3.904,60 €	2.837,57 €	6.423,24 €	10.887,78 €	16.284,84 €	18.561,74 €	25.934,27 €	34.416,38 €	44.073,56 €	54.974,63 €	67.191,91 €
(+) Habenzinsen 1,50%	-	- €	- €	8,53 €	28,04 €	58,57 €	42,56 €	96,35 €	163,32 €	244,27 €	278,43 €	389,01 €	516,25 €	661,10 €	824,62 €	1.007,88 €
(-) Sollzinsen 12,50%	-	- €	- €	4,73 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Anlagekonto in t	-	37,81 €	568,76 €	1.869,64 €	3.904,60 €	2.837,57 €	6.423,24 €	10.887,78 €	16.284,84 €	18.561,74 €	25.934,27 €	34.416,38 €	44.073,56 €	54.974,63 €	67.191,91 €	162.986,48 €
Kredit nach Tilgung	- 132.318,01 €	- 125.951,69 €	- 119.298,88 €	- 112.346,70 €	- 105.081,66 €	- 97.489,70 €	- 89.556,11 €	- 81.265,50 €	- 72.601,81 €	- 63.548,26 €	- 54.087,30 €	- 44.200,59 €	- 33.868,98 €	- 23.072,45 €	- 11.790,08 €	- 0,00 €
Guthabenstand	- €	- 37,81 €	568,76 €	1.869,64 €	3.904,60 €	2.837,57 €	6.423,24 €	10.887,78 €	16.284,84 €	18.561,74 €	25.934,27 €	34.416,38 €	44.073,56 €	54.974,63 €	67.191,91 €	162.986,48 €
Bestandssaldo	- 132.318,01 €	- 125.989,49 €	- 118.730,12 €	- 110.477,05 €	- 101.177,06 €	- 94.652,13 €	- 83.132,87 €	- 70.377,72 €	- 56.316,97 €	- 44.986,52 €	- 28.153,03 €	- 9.784,21 €	10.204,58 €	31.902,18 €	55.401,83 €	162.986,48 €
<b>VOFI-Endvermögen</b>		- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	<b>162.986,48 €</b>
<b>VOFI-EK-Rendite</b>		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	<b>7,29%</b>

Abbildung 73: Investitionsrechnung (Variante 1: Investition im Bereich der Gebäudehülle-Dämmung gemäß den EnEV2007-Anforderungen)

VOFI - VARIANTE 2																
Periode	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>Originäre Zahlungen</b>																
Investitionskosten	- 267.061,46 €															
Einnahmenüberschüsse		18.277,27 €	19.238,58 €	20.247,17 €	21.305,31 €	22.415,40 €	18.016,62 €	24.801,57 €	26.083,03 €	27.427,21 €	22.948,69 €	30.315,96 €	31.867,02 €	33.493,79 €	35.199,92 €	36.989,22 €
Veräußerungserlös		- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	116.113,68 €
<b>Derivative Zahlungen</b>																
Eigenkapital	80.118,44 €															
Fremdkapital	186.943,02 €															
Zinsen FK 4,50%	-	8.412,44 €	- 8.007,68 €	- 7.584,71 €	- 7.142,71 €	- 6.680,82 €	- 6.198,14 €	- 5.693,75 €	- 5.166,65 €	- 4.615,83 €	- 4.040,23 €	- 3.438,73 €	- 2.810,16 €	- 2.153,30 €	- 1.466,89 €	- 749,58 €
Tilgung	-	8.994,54 €	- 9.399,30 €	- 9.822,26 €	- 10.264,27 €	- 10.726,16 €	- 11.208,83 €	- 11.713,23 €	- 12.240,33 €	- 12.791,14 €	- 13.366,74 €	- 13.968,25 €	- 14.596,82 €	- 15.253,67 €	- 15.940,09 €	- 16.657,39 €
Annnuität	-	17.406,98 €	- 17.406,98 €	- 17.406,98 €	- 17.406,98 €	- 17.406,98 €	- 17.406,98 €	- 17.406,98 €	- 17.406,98 €	- 17.406,98 €	- 17.406,98 €	- 17.406,98 €	- 17.406,98 €	- 17.406,98 €	- 17.406,98 €	- 17.406,98 €
Zahlungssaldo		870,29 €	1.831,60 €	2.840,19 €	3.898,33 €	5.008,42 €	609,64 €	7.394,60 €	8.676,05 €	10.020,23 €	5.541,71 €	12.908,98 €	14.460,04 €	16.086,81 €	17.792,94 €	135.695,93 €
Rückzahlung	-	- €	870,29 €	2.714,95 €	5.595,87 €	9.578,14 €	14.730,24 €	15.560,83 €	23.188,84 €	32.212,73 €	42.716,15 €	48.898,60 €	62.541,06 €	77.939,22 €	95.195,12 €	114.415,99 €
(+) Habenzinsen 1,50%	-	- €	13,05 €	40,72 €	83,94 €	143,67 €	220,95 €	233,41 €	347,83 €	483,19 €	640,74 €	733,48 €	938,12 €	1.169,09 €	1.427,93 €	1.716,24 €
(-) Sollzinsen 12,50%	-	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Anlagekonto in t		870,29 €	2.714,95 €	5.595,87 €	9.578,14 €	14.730,24 €	15.560,83 €	23.188,84 €	32.212,73 €	42.716,15 €	48.898,60 €	62.541,06 €	77.939,22 €	95.195,12 €	114.415,99 €	251.828,15 €
Kredit nach Tilgung	- 186.943,02 €	- 177.948,48 €	- 168.549,19 €	- 158.726,93 €	- 148.462,66 €	- 137.736,50 €	- 126.527,67 €	- 114.814,44 €	- 102.574,11 €	- 89.782,97 €	- 76.416,22 €	- 62.447,98 €	- 47.851,16 €	- 32.597,48 €	- 16.657,39 €	- €
Guthabenstand	- €	870,29 €	2.714,95 €	5.595,87 €	9.578,14 €	14.730,24 €	15.560,83 €	23.188,84 €	32.212,73 €	42.716,15 €	48.898,60 €	62.541,06 €	77.939,22 €	95.195,12 €	114.415,99 €	251.828,15 €
Bestandssaldo	- 186.943,02 €	- 177.078,19 €	- 165.834,24 €	- 153.131,06 €	- 138.884,52 €	- 123.006,27 €	- 110.966,84 €	- 91.625,60 €	- 70.361,38 €	- 47.066,82 €	- 27.517,62 €	93,08 €	30.088,06 €	62.597,64 €	97.758,59 €	251.828,15 €
<b>VOFI-Endvermögen</b>		- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	<b>251.828,15 €</b>
<b>VOFI-EK-Rendite</b>		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	<b>7,93%</b>

Abbildung 74: Investitionsrechnung (Variante 2: Investition im Bereich der Gebäudehülle-Dämmung gemäß den EnEV2014-Anforderungen)

## Ergebnisübersicht

**Hotel** - Modernisierung nach EnEV  
Modernisierung-Dämmung

Die Varianten		VOFI-Endvermögen	VOFI-Eigenkapitalrendite
<b>Variante 1:</b>	EnEV 2014-Hotelvariante: Modernisierung- Gebäudehülle-Dämmung	162.986,48 €	7,29%
<b>Variante 2:</b>	EnEV 2014-Hotelvariante: Modernisierung- Gebäudehülle-Dämmung	251.828,15 €	7,93%
<b>Opportunität:</b>	risikofreie Finanzanlage	83.339,83 €	2,60%

Ermittlung der Vorteilhaftigkeit der Varianten				
absolute Vorteilhaftigkeit:	Die	0	Variante 1, Variante 2,	ist / sind absolut vorteilhafte
relative Vorteilhaftigkeit:	Die	Variante 2		stellt sich am vorteilhaftesten dar.

Abbildung 75: Ergebnisübersicht

## Cash-Flow

Entwicklung des Anlagekontos

**Hotel** - Modernisierung nach EnEV

Modernisierung-Dämmung

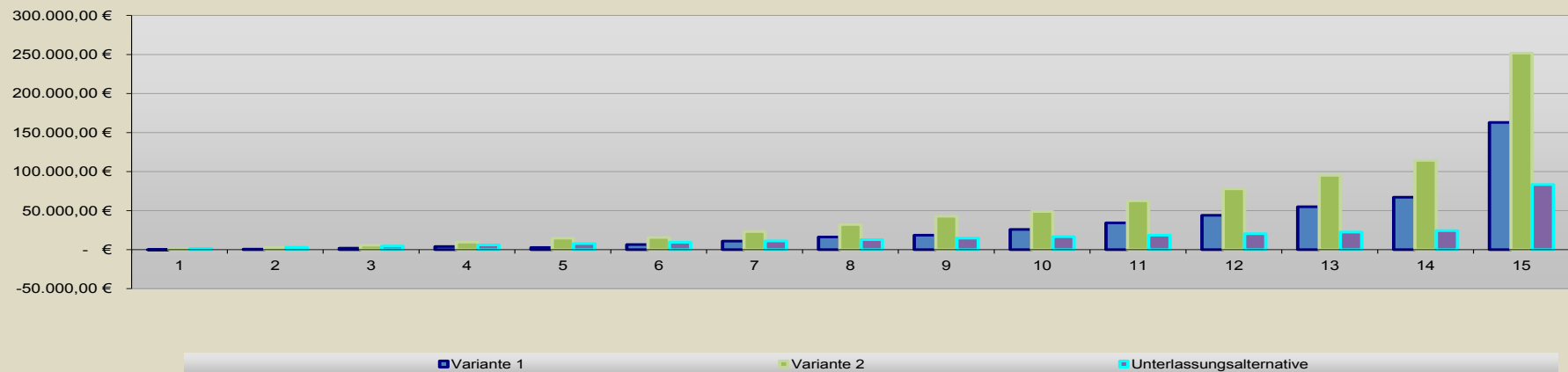


Abbildung 76: Cash-Flow

## ***Kapitel V***

### ***Durchführung der Investitionsrechnung mittels VOFI***

- *Methodik*
- *Ergebnisse der Investitionsrechnung*
- *Interpretation der Ergebnisse*
- *Sensitivitätsanalyse*
- *Interpretation der Ergebnisse*

## **5. Durchführung der Investitionsrechnung mittels VOFI**

### **5.1. Methodik**

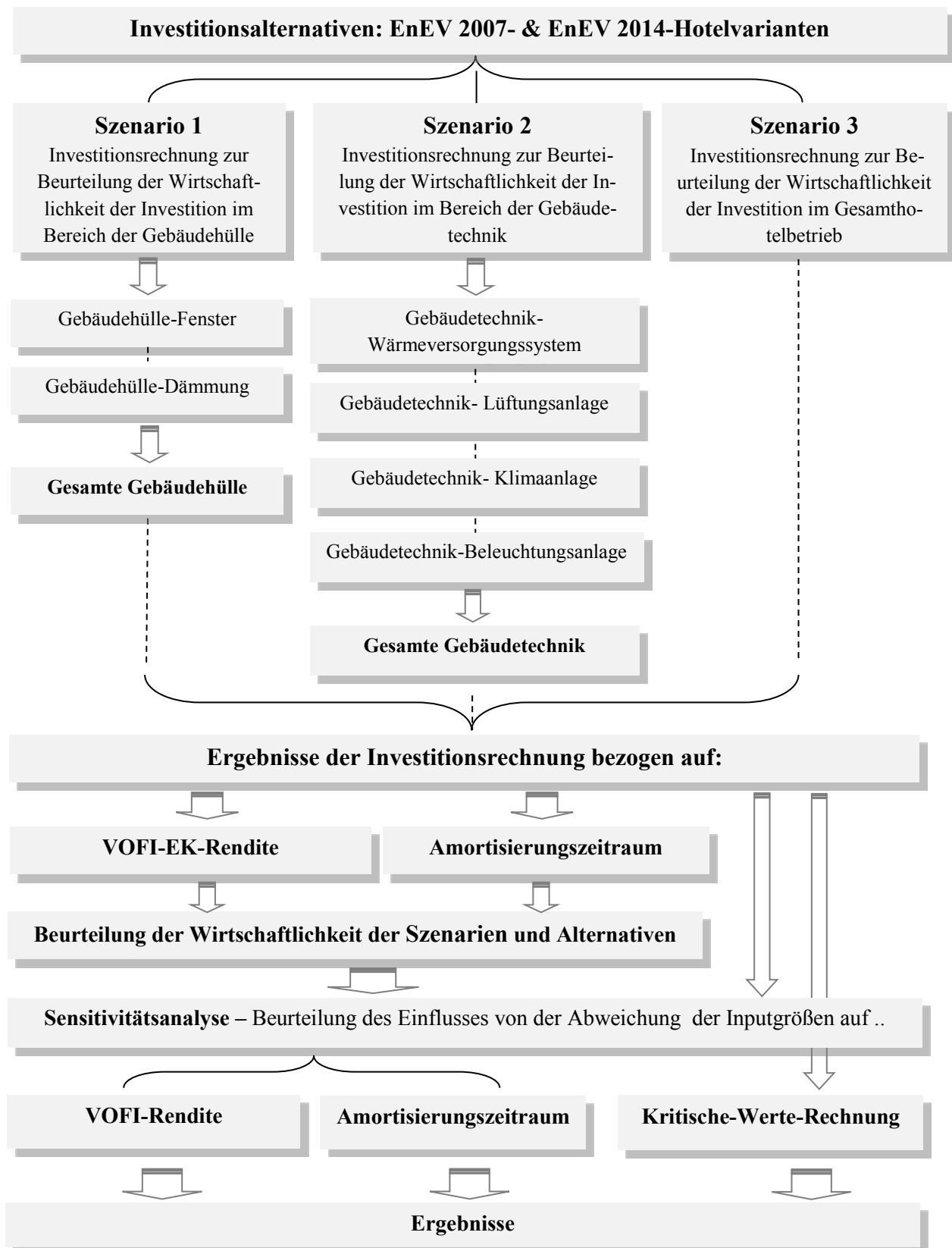
Der Thematik der wirtschaftlichen Untersuchung befasst sich damit, die im Rahmen der energetischen Untersuchung analysierten EnEV-Anforderungen in den Hotels ökonomisch zu beurteilen. Daraus resultierend basiert die Methodik der wirtschaftlichen Untersuchung darauf, die bei der energetischen Untersuchung durchgeführten Investitionsszenarien weiter zu berücksichtigen, welche wie folgt zu strukturieren sind:

#### **➤ Szenarien der wirtschaftlichen Untersuchung**

- **Szenario1- Gebäudehülle:** Im ersten Szenario der wirtschaftlichen Untersuchung steht die Investition in die Gebäudehülle der Hotels im Mittelpunkt der Untersuchung. Dabei wird darauf hingearbeitet, die Investition im Gesamtbereich der Gebäudehülle der Hotels sowie auch in Bezug auf die einzelnen Bauteile der Gebäudehülle (Fenster, Dämmung) auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen wirtschaftlich auszuwerten.
- **Szenario2- Gebäudetechnik:** Das zweite Szenario der Untersuchung bezieht sich in seinem Schwerpunkt auf die Investition in die Gebäudetechnik der Hotels. Die Untersuchung hat zum Zweck, die Wirtschaftlichkeit der Investition im Gesamtbereich der Gebäudetechnik der Hotels als auch in die einzelnen technischen Anlagen auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen zu beurteilen.
- **Szenario3- Gesamthotelbetrieb:** Im dritten Szenario wird die Investition im Gesamthotelbetrieb (Gebäudehülle und Gebäudetechnik) auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen berücksichtigt und wirtschaftlich beurteilt.

Die Auswertung der Wirtschaftlichkeit der Investitionen für die einzelnen Bauteile (Fenster, Dämmung) im Bereich der Gebäudehülle und für die einzelnen technischen Anlagen im Bereich der Gebäudetechnik soll ermöglichen, die Vorteilhaftigkeit der Investitionen im jeweiligen Bereich zu bestimmen. Dieselbe Zielsetzung besteht darüber hinaus auch für die Auswertung der Wirtschaftlichkeit für den jeweilig gesamten Hotelbereich (Gebäudehülle und Gebäudetechnik). Dabei werden weiterhin die beiden Hotelbereiche hinsichtlich der Vorteilhaftigkeit gegenseitig in Vergleich gesetzt. Anschließend wird durch die Auswertung der Wirtschaftlichkeit der Investition für den Gesamthotelbetrieb erreicht, die EnEV-Anforderungen (EnEV-2007 und EnEV2014) in Hotels auf ihren wirtschaftlichen Nutzen hin zu beurteilen.

### 5.1.1. Darstellung der Methodik

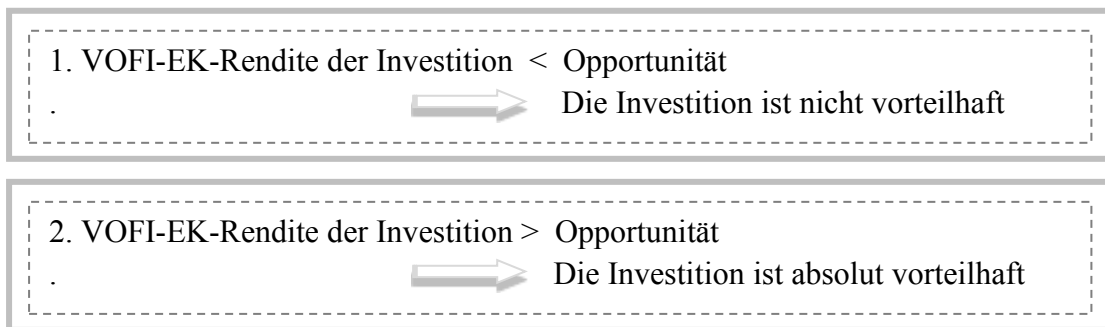


### 5.1.2. Zielgrößen der Investitionsrechnung und Beurteilungsprinzipien

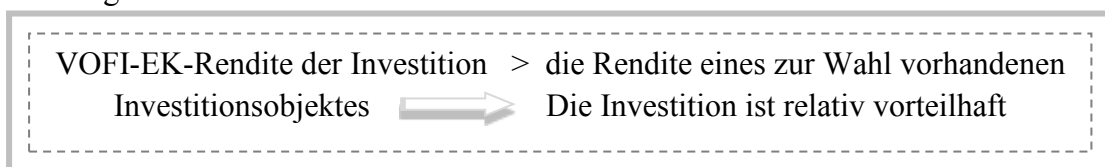
Zur Beurteilung der Vorteilhaftigkeit der betrachteten Investitionen in den Hotels werden die Kennzahlen (VOFI-EK-Rendite und Amortisationszeitraum) als Zielgrößen der Investitionsrechnung herangezogen. Die Ermittlung der VOFI-EK-Rendite ist erforderlich, um die absolute und relative Vorteilhaftigkeit der untersuchten Investitionen zu bestimmen. Weiterhin wird durch die Bestimmung des Amortisationszeitraumes die Voraussetzung gegeben, die Investitionen bezogen auf den Zeitraum, in dem die Investition sich amortisiert, zu beurteilen. Für die Auswertung der untersuchten Investitionen anhand der erwähnten Zielgrößen gilt schließlich die folgende Regelung:

#### I. Die Auswertung mittels der VOFI-EK-Rendite

Anhand der bereits erläuterten Prinzipien zur Beurteilung der Vorteilhaftigkeit bei VOFI (Abschnitt: 4.2.1.3-III) lässt sich die Auswertung der Vorteilhaftigkeit der betrachteten Investitionen in der vorliegenden Arbeit wie folgt verdeutlichen:



In Hinsicht auf den Vergleich der Vorteilhaftigkeit von mehreren Investitionsalternativen ergibt sich:



#### II. Die Auswertung mittels des Amortisationszeitraumes

Die Ermittlung des Amortisationszeitraumes der untersuchten Investitionen erfolgt durch einen Beobachtungs- und Vergleichsprozess der periodischen Entwicklung des Bestandsaldos der Investition und des Bestandsaldos der Opportunität. Die Investition amortisiert sich erst dann, wenn ihr Bestandsaldo gleich oder höher als der Bestandsaldo der Opportunität ist.<sup>171</sup>

Nach der Ermittlung der Methodik und Beurteilungsprinzipien der Investitionsrechnung wird nun die Investitionsrechnung für das jeweilige Investitionsszenario mittels des bereits vorgefertigten VOFI-Excel-Models durchgeführt. Die Ergebnisse werden zur abschließend anhand von Diagrammen und Tabellen dargestellt und interpretiert.

<sup>171</sup>Vgl. (Götze, 2008, S. 127)

## ***5.2. Ergebnisse der Investitionsrechnung***

## 5.2.1. Szenario1: Die Investition in die Gebäudehülle

### I. Fenster

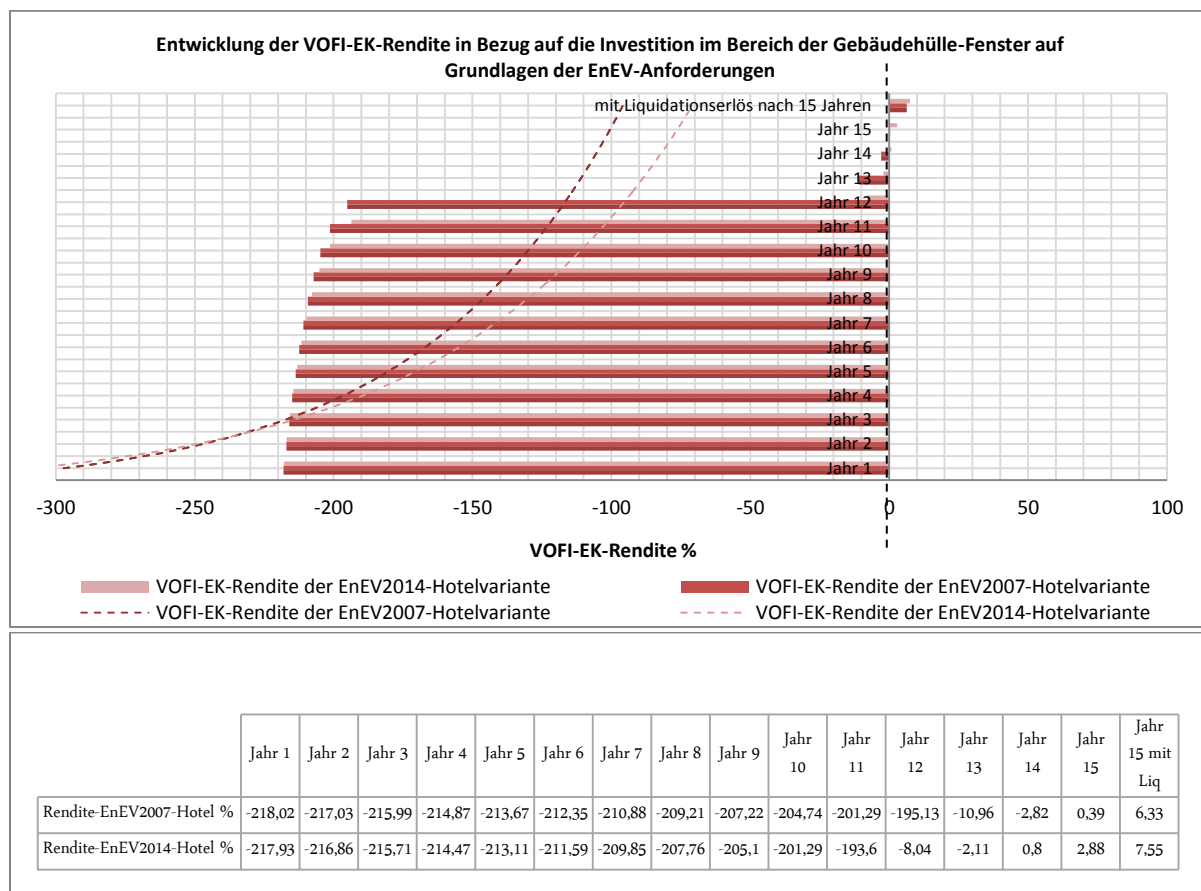


Abbildung 77: Entwicklung der VOFI-EK-Rendite in Bezug auf die Investition im Bereich der Gebäudehülle-Fenster auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen.

Jahre	0	1	2	3	4	5	6	7
Best <sub>1</sub>	-183.789,55	-176.182,94	-167.488,03	-157.558,94	-146.230,97	-138.710,60	-124.677,35	-108.697,12
Best <sub>Opp1</sub>	-	2.047,94	4.149,13	6.304,95	8.516,82	10.786,19	13.114,57	15.503,49
Jahre	8	9	10	11	12	13	14	15
Best <sub>1</sub>	-90.973,29	-77.147,61	-55.789,34	-32.415,24	-6.913,63	20.832,71	<u>50.946,82</u>	197.712,81
Best <sub>Opp1</sub>	17.954,53	20.469,28	23.049,43	25.696,65	28.412,71	31.199,38	<u>34.058,50</u>	115.758,91

Tabelle 58: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition im Bereich der Gebäudehülle-Fenster-EnEV2007-Hotelvariante (Best 1)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp1)(€)

Jahre	0	1	2	3	4	5	6	7
Best <sub>2</sub>	-214.033,40	-203.378,71	-191.185,29	-177.363,49	-161.819,16	-144.453,41	-131.531,93	-110.302,17
Best <sub>Opp2</sub>	-	2.384,94	4.831,90	7.342,47	9.918,32	12.561,14	15.272,67	18.054,70
Jahre	8	9	10	11	12	13	14	15
Best <sub>2</sub>	-86.925,07	-61.280,43	-39.983,84	-9.520,50	23.606,47	<u>59.542,95</u>	98.442,05	273.404,44
Best <sub>Opp2</sub>	20.909,07	23.837,65	26.842,37	29.925,22	33.088,21	<u>36.333,45</u>	39.663,06	134.807,85

Tabelle 59: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition im Bereich der Gebäudehülle-Fenster-EnEV2014-Hotelvariante (Best 2)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp2)(€).

Best<sub>1</sub>: Bestandssaldo -EnEV2007-Hotelvariante (€), Best<sub>Opp1</sub>: Bestandssaldo des Eigenkapitals - EnEV2007-Hotelvariante (Opportunität)(€)  
 Best<sub>2</sub>: Bestandssaldo -EnEV2014-Hotelvariante (€), Best<sub>Opp2</sub>: Bestandssaldo des Eigenkapitals - EnEV2014-Hotelvariante (Opportunität)(€)



## II. Dämmung

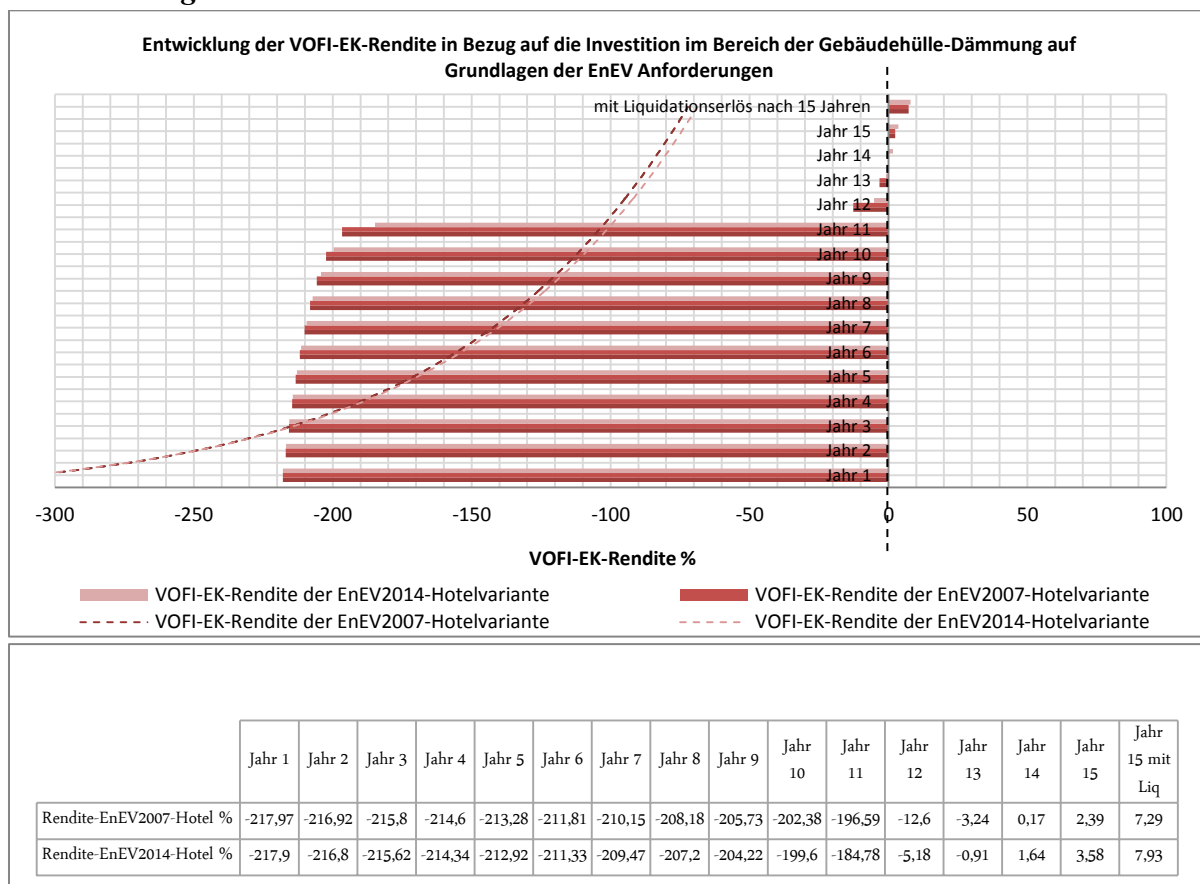


Abbildung 78: Entwicklung der VOFI-EK-Rendite in Bezug auf die Investition im Bereich der Gebäudehülle-Dämmung auf Grundlagen der EnEV Anforderungen.

Jahre	0	1	2	3	4	5	6	7
Best <sub>1</sub>	-132.318,01	-125.989,49	-118.730,12	-110.477,05	-101.177,06	-94.652,13	-83.132,87	-70.377,72
Best <sub>Opp1</sub>	-	1.474,40	2.987,14	4.539,20	6.131,62	7.765,44	9.441,75	11.161,63
Jahre	8	9	10	11	12	13	14	15
Best <sub>1</sub>	-56.316,97	-44.986,52	-28.153,03	-9.784,21	10.204,58	<u>31.902,18</u>	55.401,83	162.986,48
Best <sub>Opp1</sub>	12.926,24	14.736,72	16.594,27	18.500,13	20.455,53	<u>22.461,77</u>	24.520,18	83.339,83

Tabelle 60: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition im Bereich der Gebäudehülle-Dämmung-EnEV2007-Hotelvariante (Best 1)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp1)(€).

Jahre	0	1	2	3	4	5	6	7
Best <sub>2</sub>	-186.943,02	-177.078,19	-165.834,24	-153.131,06	-138.884,52	-123.006,27	-110.966,84	-91.625,60
Best <sub>Opp2</sub>	-	2.083,08	4.220,32	6.413,13	8.662,95	10.971,26	13.339,60	15.769,50
Jahre	8	9	10	11	12	13	14	15
Best <sub>2</sub>	-70.361,38	-47.066,82	-27.517,62	93,08	<u>30.088,06</u>	62.597,64	97.758,59	251.828,15
Best <sub>Opp2</sub>	18.262,59	20.820,50	23.444,91	26.137,56	<u>28.900,21</u>	31.734,70	34.642,88	117.745,11

Tabelle 61: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition im Bereich der Gebäudehülle-Dämmung-EnEV2014-Hotelvariante (Best 2)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp2)(€).

Best<sub>1</sub>: Bestandssaldo -EnEV2007-Hotelvariante (€), Best<sub>Opp1</sub>: Bestandssaldo des Eigenkapitals - EnEV2007-Hotelvariante (Opportunität)(€)  
 Best<sub>2</sub>: Bestandssaldo -EnEV2014-Hotelvariante (€), Best<sub>Opp2</sub>: Bestandssaldo des Eigenkapitals - EnEV2014-Hotelvariante (Opportunität)(€)

### III. gesamte Gebäudehülle (Dämmung & Fenster)

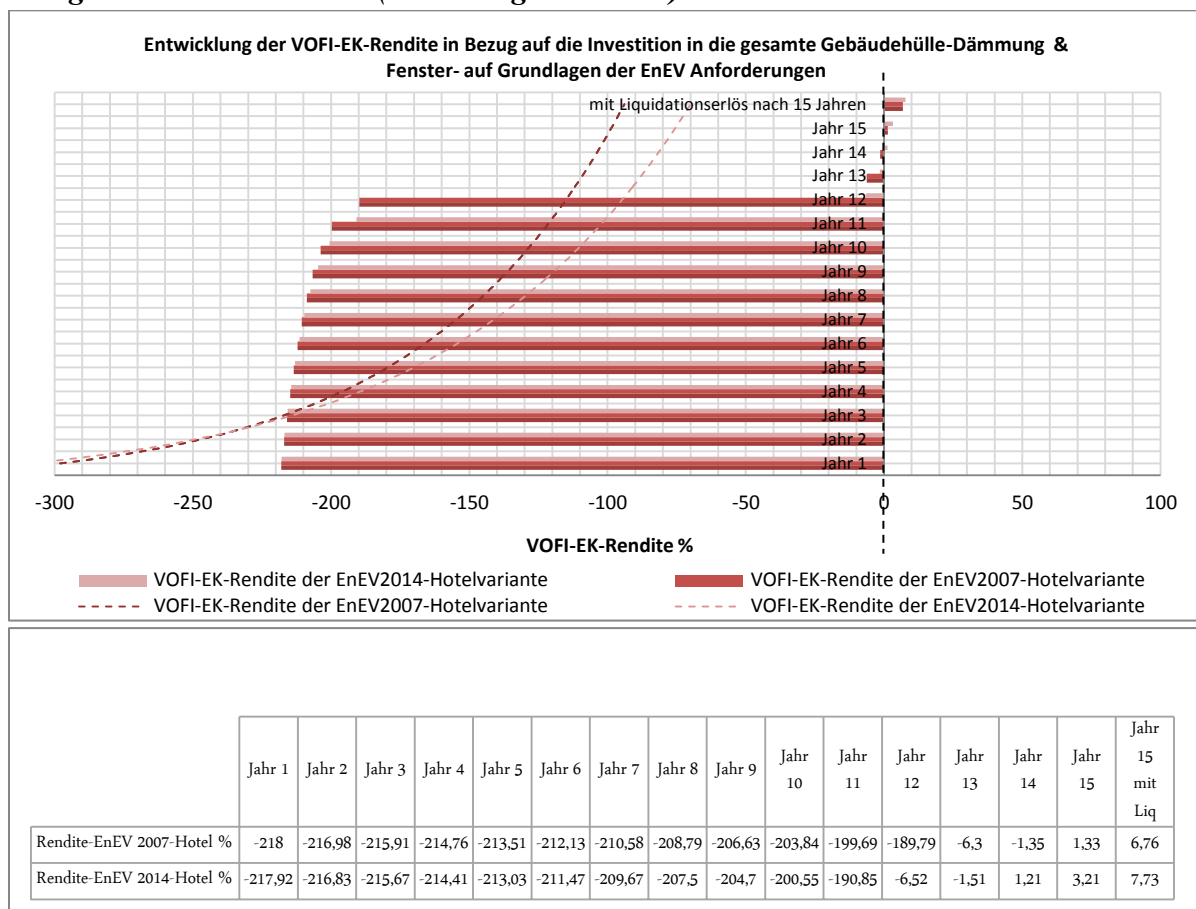


Abbildung 79: Entwicklung der VOFI-EK-Rendite in Bezug auf die Investition in die gesamte Gebäudehülle (Dämmung & Fenster) auf Grundlagen der EnEV Anforderungen.

Jahre	0	1	2	3	4	5	6	7
Best <sub>1</sub>	-316.107,56	-302.172,43	-286.218,15	-267.973,43	-247.178,48	-233.099,75	-207.202,23	-178.426,48
Best <sub>Opp1</sub>	-	3.522,34	7.136,26	10.844,15	14.648,44	18.551,64	22.556,32	26.665,13
Jahre	8	9	10	11	12	13	14	15
Best <sub>1</sub>	-146.632,18	-121.466,18	-83.264,40	-41.511,31	3.989,41	53.443,83	<b>107.068,22</b>	361.429,66
Best <sub>Opp1</sub>	30.880,76	35.206,00	39.643,70	44.196,78	48.868,24	53.661,15	<b>58.578,68</b>	199.098,74

Tabelle 62: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition in die gesamte Gebäudehülle (Dämmung & Fenster) EnEV2007-Hotelvariante (Best 1)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp1)(€).

Jahre	0	1	2	3	4	5	6	7
Best <sub>2</sub>	-400.976,42	-380.456,89	-357.019,51	-330.494,51	-300.703,63	-267.459,62	-242.498,70	-201.927,69
Best <sub>Opp2</sub>	-	4.468,02	9.052,21	13.755,60	18.581,26	23.532,40	28.612,27	33.824,21
Jahre	8	9	10	11	12	13	14	15
Best <sub>2</sub>	-157.286,35	-108.347,13	-67.501,33	-9.427,27	53.694,70	<b>122.140,77</b>	196.200,85	525.232,83
Best <sub>Opp2</sub>	39.171,66	44.658,15	50.287,28	56.062,77	61.988,43	<b>68.068,15</b>	74.305,94	252.552,96

Tabelle 63: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition in die gesamte Gebäudehülle (Dämmung & Fenster) EnEV2014-Hotelvariante (Best 2)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp2)(€).

Best<sub>1</sub>: Bestandssaldo -EnEV2007-Hotelvariante (€), Best<sub>Opp1</sub>: Bestandssaldo des Eigenkapitals - EnEV2007-Hotelvariante (Opportunität)(€)  
 Best<sub>2</sub>: Bestandssaldo -EnEV2014-Hotelvariante (€), Best<sub>Opp2</sub>: Bestandssaldo des Eigenkapitals - EnEV2014-Hotelvariante (Opportunität)(€)

### 5.2.1.1. Interpretation der Ergebnisse der wirtschaftlichen Untersuchung für das Szenario1

Die aufgeführten Balkendiagramme und Tabellen machen die Ergebnisse der wirtschaftlichen Untersuchung für das Szenario1 einsehbar und dienen infolge dessen zur wirtschaftlichen Beurteilung der Investition in den Hotels im Bereich der Gebäudehülle, welche auf Grundlage der EnEV2007- und EnEV2014-Anforderungen über einen Zeitraum von 15 Jahren durchgeführt worden sind. Das Balkendiagramm dokumentiert die Entwicklung der VOFI-EK-Renditen der betrachteten Investitionen und gibt nähere Auskunft über die Höhe der Rendite dieser Investitionen nach Ablauf des geplanten Investitionszeitraumes. Die vorhandenen Tabellen repräsentieren die Entwicklung des Bestandssaldos der jeweiligen Investition einschließlich der Entwicklung des Bestandssaldos für das jeweilige Eigenkapital (Opportunität) und dienen schließlich dazu, den Amortisationszeitraum der Investitionen zu bestimmen.

Die wirtschaftliche Untersuchung des vorhandenen Szenarios wurde unter Berücksichtigung von zwei Fallstudien durchgeführt, welche schließlich zur wirtschaftlichen Beurteilung für die folgenden Situationen dienen:

- Die Investition in die einzelnen Bauteile der Gebäudehülle (Fenster, Dämmung).
- Die Investition in die gesamte Gebäudehülle.

#### Beobachtung 1: Die Investition in die einzelnen Bauteile der Gebäudehülle

#### Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Investitionen bezogen auf:

##### a) VOFI-EK-Rendite

Die VOFI-EK-Rendite der Investitionen in Hotels in die einzelnen Bauteile der Gebäudehülle (Fenster-Dämmung) auf Grundlagen der EnEV2007- und EnEV2014-Anforderungen lässt sich nach Ablauf des 15 jährigen Investitionszeitraumes wie folgt ermitteln:

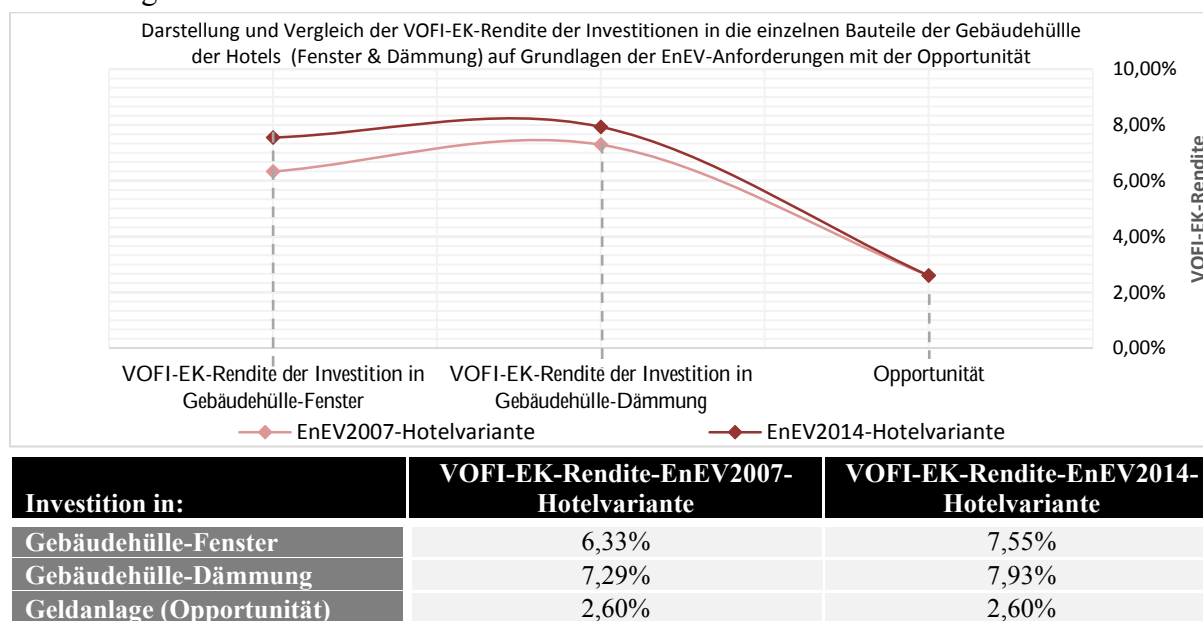


Abbildung 80: Darstellung und Vergleich der VOFI-EK-Rendite der Investitionen in die einzelnen Bauteile der Gebäudehülle der Hotels (Fenster & Dämmung) auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen mit der Opportunität

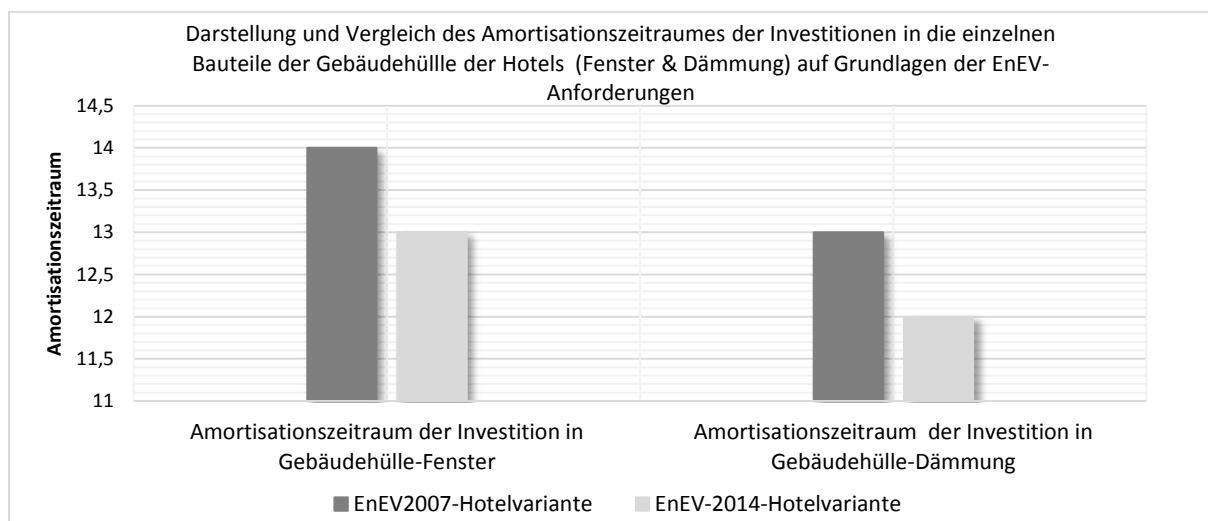
Bei Beobachtung der Ergebnisse der Investitionsrechnung ist festzustellen, dass die betrachteten Investitionen (Fenster, Dämmung) am Ende des Investitionszeitraumes höhere Renditen gegenüber der Opportunität aufweisen und daraus resultierend als vorteilhaft zu bezeichnen sind. Im weiteren gegenseitigen Vergleich der Renditen der durchgeführten Investitionen ist außerdem festzulegen, dass die Investition im Bereich Dämmung eine bessere Rendite gegenüber der Investition im Bereich Fenster realisiert und sich somit am vorteilhaftesten darstellt. Dieser Fakt ist schließlich bezogen auf die beiden untersuchten Hotelvarianten festzulegen.

*VOFI-EK-Rendite der Investition in Gebäudehülle-Dämmung (EnEV 2007-Hotelvariante) (7,29%) > VOFI-EK-Rendite der Investition in Gebäudehülle-Fenster (EnEV 2007-Hotelvariante) (6,33%) > Opportunität (2,6%) ➡ Die Investition im Bereich Dämmung bei der EnEV 2007-Hotelvariante ist am Vorteilhaftesten.*

*VOFI-EK-Rendite der Investition in Gebäudehülle-Dämmung (EnEV 2014-Hotelvariante) (7,93%) > VOFI-EK-Rendite der Investition in Gebäudehülle-Fenster (EnEV 2014-Hotelvariante) (7,55%) > Opportunität (2,6%) ➡ Die Investition im Bereich Dämmung bei der EnEV 2014-Hotelvariante ist am Vorteilhaftesten.*

#### b) Amortisationszeitraum

Durch die Betrachtung der Entwicklung des Bestandssaldos (Best) der Investition im jeweiligen Bauteil der Gebäudehülle (Fenster, Dämmung) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals der jeweiligen Investition (Opportunität) ( $Best_{Opp}$ ) (Tab.58, 59) und (Tab. 60, 61) kann der Amortisationszeitraum für die jeweilig untersuchte Investition schließlich durch folgendes Diagramm erfasst werden.



Investition in:	Amortisationszeitraum- EnEV2007-Hotelvariante	Amortisationszeitraum- EnEV2014-Hotelvariante
Gebäudehülle-Fenster	14 Jahre	13 Jahre
Gebäudehülle-Dämmung	13 Jahre	12 Jahre

Abbildung 81: Darstellung und Vergleich des Amortisationszeitraumes der Investitionen in die einzelnen Bauteile der Gebäudehülle der Hotels (Fenster & Dämmung) auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen

Aufbauend auf den erfassten Daten über den Amortisationszeitraum der Investitionen in die einzelnen Bauteile der Gebäudehülle der Hotels (Fenster, Dämmung) ist festzustellen, dass die betrachteten Investitionen abweichende Amortisationszeiträume aufweisen. Dabei ist offensichtlich, dass die Investition im Bereich der Dämmung einen kürzeren Amortisationszeitraum gegenüber der Investition im Bereich der Fenster aufzeigt. Die Investition in Dämmung amortisiert sich im 12. Jahr (EnEV2014-Hotelvariante) und im 13. Jahr (EnEV2007-Hotelvariante), während in Fenster der Amortisationszeitraum bei 13 Jahren (EnEV2014-Hotelvariante) und 14 Jahren (EnEV2007-Hotelvariante) liegt. Infolgedessen stellt sich die Investition im Bereich der Dämmung bezogen auf den Amortisationszeitraum in Hinsicht auf die beiden untersuchten Hotelvarianten als führende Alternative dar.

*Amortisationszeitraum der Investition in Gebäudehülle-Dämmung (EnEV 2007-Hotelvariante) (13 Jahre) < Amortisationszeitraum der Investition in Gebäudehülle-Fenster (EnEV 2007-Hotelvariante) (14 Jahre)  $\Rightarrow$  Die Investition im Bereich der Dämmung bei der EnEV 2007-Hotelvariante ist am Vorteilhaftesten.*

*Amortisationszeitraum der Investition in Gebäudehülle-Dämmung (EnEV 2014-Hotelvariante) (12 Jahre) < Amortisationszeitraum der Investition in Gebäudehülle-Fenster (EnEV 2014-Hotelvariante) (13 Jahre)  $\Rightarrow$  Die Investition im Bereich der Dämmung bei der EnEV 2014-Hotelvariante ist am Vorteilhaftesten.*

In Anbetracht der beiden Zielgrößen der Investitionsrechnung ergibt sich:

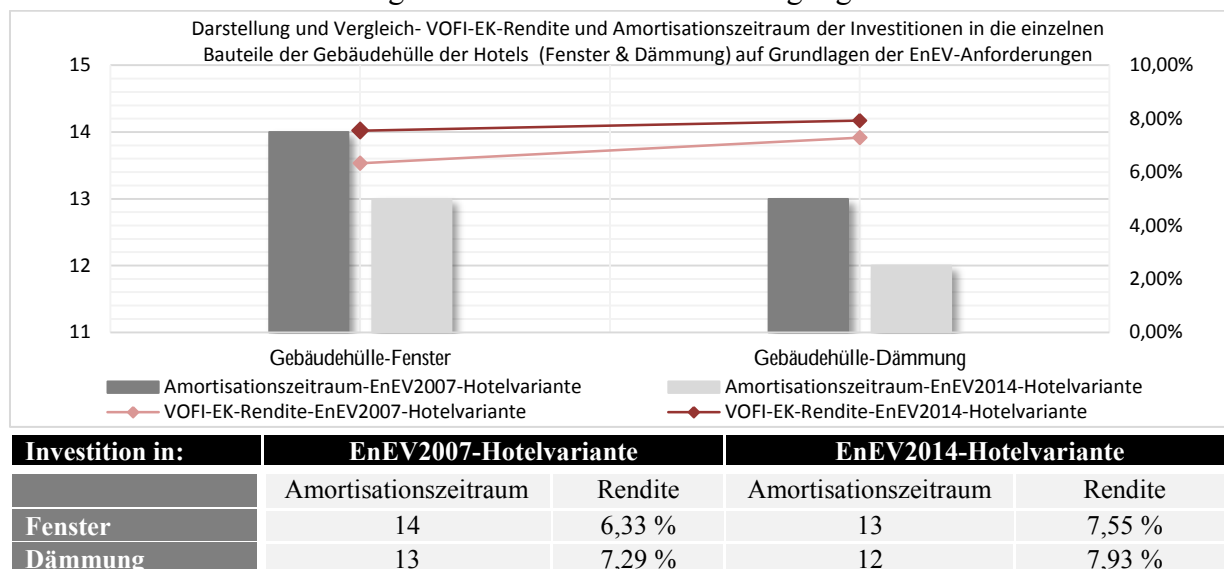


Abbildung 82: Darstellung und Vergleich- VOFI-EK-Rendite und Amortisationszeitraum der Investitionen in die einzelnen Bauteile der Gebäudehülle der Hotels (Fenster & Dämmung) auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen

*Aus den obigen Schemata kann anschließend ermittelt werden, dass die Investition im Bereich der Gebäudehülle-Dämmung der Hotels, auf Grundlagen der beiden berücksichtigten EnEV-Anforderungen, eine vorteilhaftere Alternative gegenüber der Investition im Bereich der Gebäudehülle-Fenster angesichts der VOFI-EK-Rendite sowie auch des Amortisationszeitraumes repräsentiert*

Neben der wirtschaftlichen Beurteilung der Investition in die einzelnen Bauteile der Gebäudehülle der Hotels wird im Rahmen des ersten Szenarios der wirtschaftlichen Untersuchung weiterhin die Investition bezogen auf die gesamte Gebäudehülle (Dämmung und Fenster) auf Grundlage der EnEV2007- und EnEV2014-Anforderungen ausgewertet. Mittels der Ergebnisse der durchgeführten Investitionsrechnung (Abschnitt: 5.2.1-III) kann die Wirtschaftlichkeit der Investition in die gesamte Gebäudehülle der Hotels in Hinsicht auf die VOFI-EK-Rendite und den Amortisationszeitraum wie folgt bestimmt werden:

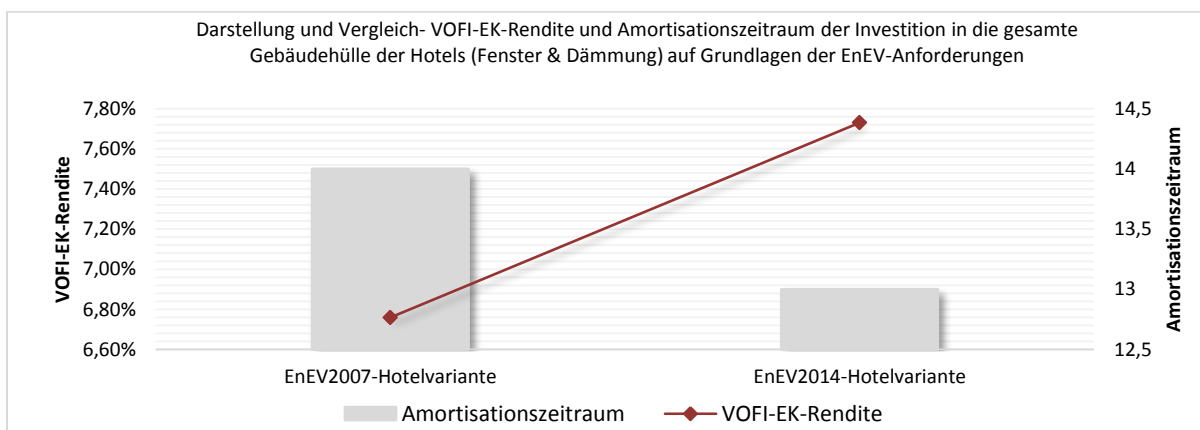
**a) VOFI-EK-Rendite**

Die VOFI-EK-Rendite der Investition bei den Hotels in die gesamte Gebäudehülle auf Grundlagen der EnEV2007-, und EnEV2014-Anforderungen lässt sich nach Ablauf des 15 jährigen Investitionszeitraumes folgendermaßen ermitteln:

- VOFI-EK-Rendite der Investition auf Grundlagen der EnEV2007 = 6,76 %.
- VOFI-EK-Rendite der Investition auf Grundlagen der EnEV2014 = 7,73 %.

**b) Amortisationszeitraum**

- $Best_1 > Best_{Opp1}$  erstmalig im 14. Jahr  $\Rightarrow$  der Amortisationszeitraum der Investition in die gesamte Gebäudehülle gemäß den EnEV2007 = 14 Jahre.
- $Best_2 > Best_{Opp2}$  erstmalig im 13. Jahr  $\Rightarrow$  der Amortisationszeitraum der Investition in die gesamte Gebäudehülle gemäß den EnEV2014 = 13 Jahre.



Investition in die gesamte Gebäudehülle der Hotels	VOFI-EK-Rendite	Amortisationszeitraum
EnEV2007-Hotelvariante	6,76%	14 Jahre
EnEV2014-Hotelvariante	7,73%	13 Jahre

Abbildung 83: Darstellung und Vergleich- VOFI-EK-Rendite und Amortisationszeitraum der Investition in die gesamte Gebäudehülle der Hotels (Fenster & Dämmung) auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen

Im Rückblick auf die vorhandenen Ergebnisse ist festzustellen, dass die Investitionen in die gesamte Gebäudehülle der Hotels auf Grundlagen der EnEV2007-, und EnEV2014-Anforderungen nach Ablauf des 15 jährigen Investitionszeitraumes höhere Renditen gegenüber der Opportunität besitzen, und somit vorteilhafte Investitionsvarianten bilden. Darüber hinaus stellt sich zudem die Investition in die Gebäudehülle des Hotels auf Grundlagen der EnEV2014-Anforderung bezogen auf die VOFI-EK-Rendite als auch auf den Amortisationszeitraum gegenüber der Investition gemäß den EnEV2007-Anforderungen am vorteilhaftesten dar.

## 5.2.2. Szenario2: Die Investition in die Gebäudetechnik

### I. Wärmeversorgungssystem

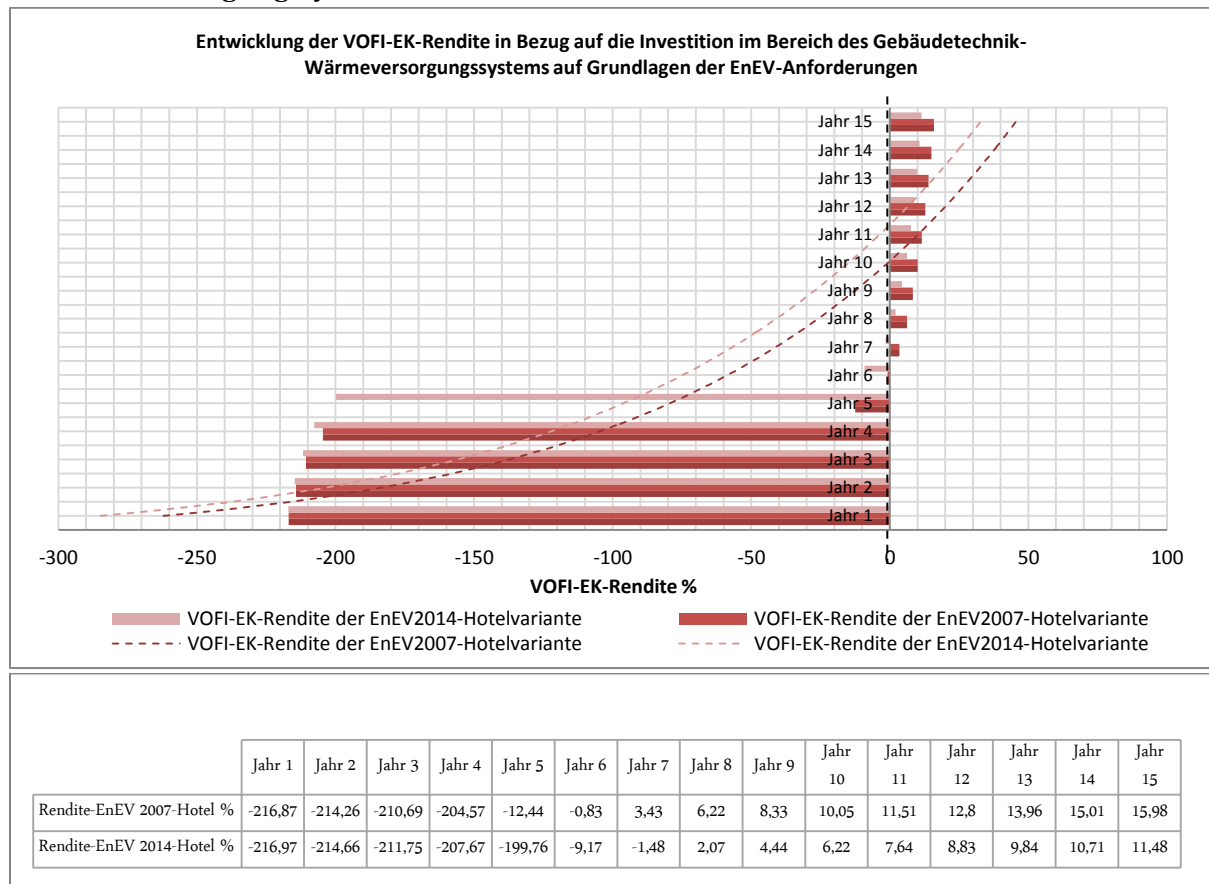


Abbildung 84: Entwicklung der VOFI-EK-Rendite in Bezug auf die Investition im Bereich des Gebäudetechnik-Wärmeversorgungssystems auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen

Jahre	0	1	2	3	4	5	6	7
Best <sub>1</sub>	-696.787,88	-573.728,24	-438.616,04	-290.721,56	-129.275,67	26.088,61	<b>216.806,32</b>	423.636,06
Best <sub>Opp1</sub>	-	7.764,21	15.730,28	23.903,48	32.289,18	40.892,90	<b>49.720,33</b>	58.777,26
Jahre	8	9	10	11	12	13	14	15
Best <sub>1</sub>	647.526,26	867.837,72	1.128.575,25	1.409.528,87	1.711.866,23	2.036.817,03	2.385.676,20	2.759.807,22
Best <sub>Opp1</sub>	68.069,68	77.603,70	87.385,60	97.421,84	107.719,01	118.283,92	129.123,50	438.868,30

Tabelle 64: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition in Gebäudetechnik-Wärmeversorgungssystem-EnEV2007-Hotelvariante (Best 1)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp1)(€).

Jahre	0	1	2	3	4	5	6	7
Best <sub>2</sub>	-771.804,22	-646.838,04	-515.286,75	-377.152,01	-232.464,76	-81.288,92	53.306,11	<b>216.770,55</b>
Best <sub>Opp2</sub>	-	8.600,10	17.423,81	26.476,93	35.765,44	45.295,44	55.073,23	<b>65.105,24</b>
Jahre	8	9	10	11	12	13	14	15
Best <sub>2</sub>	386.286,88	561.615,25	718.148,03	903.781,86	1.094.134,92	1.288.699,47	1.486.882,25	1.687.995,81
Best <sub>Opp2</sub>	75.398,08	85.958,53	96.793,56	107.910,29	119.316,07	131.018,39	143.024,97	486.116,96

Tabelle 65: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition in Gebäudetechnik-Wärmeversorgungssystem-EnEV2014-Hotelvariante (Best 2)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp2)(€).

Best<sub>1</sub>: Bestandssaldo -EnEV2007-Hotelvariante (€), Best<sub>Opp1</sub>: Bestandssaldo des Eigenkapitals - EnEV2007-Hotelvariante (Opportunität)(€)  
 Best<sub>2</sub>: Bestandssaldo -EnEV2014-Hotelvariante (€), Best<sub>Opp2</sub>: Bestandssaldo des Eigenkapitals - EnEV2014-Hotelvariante (Opportunität)(€)

## II. Lüftungs- und Klimaanlage

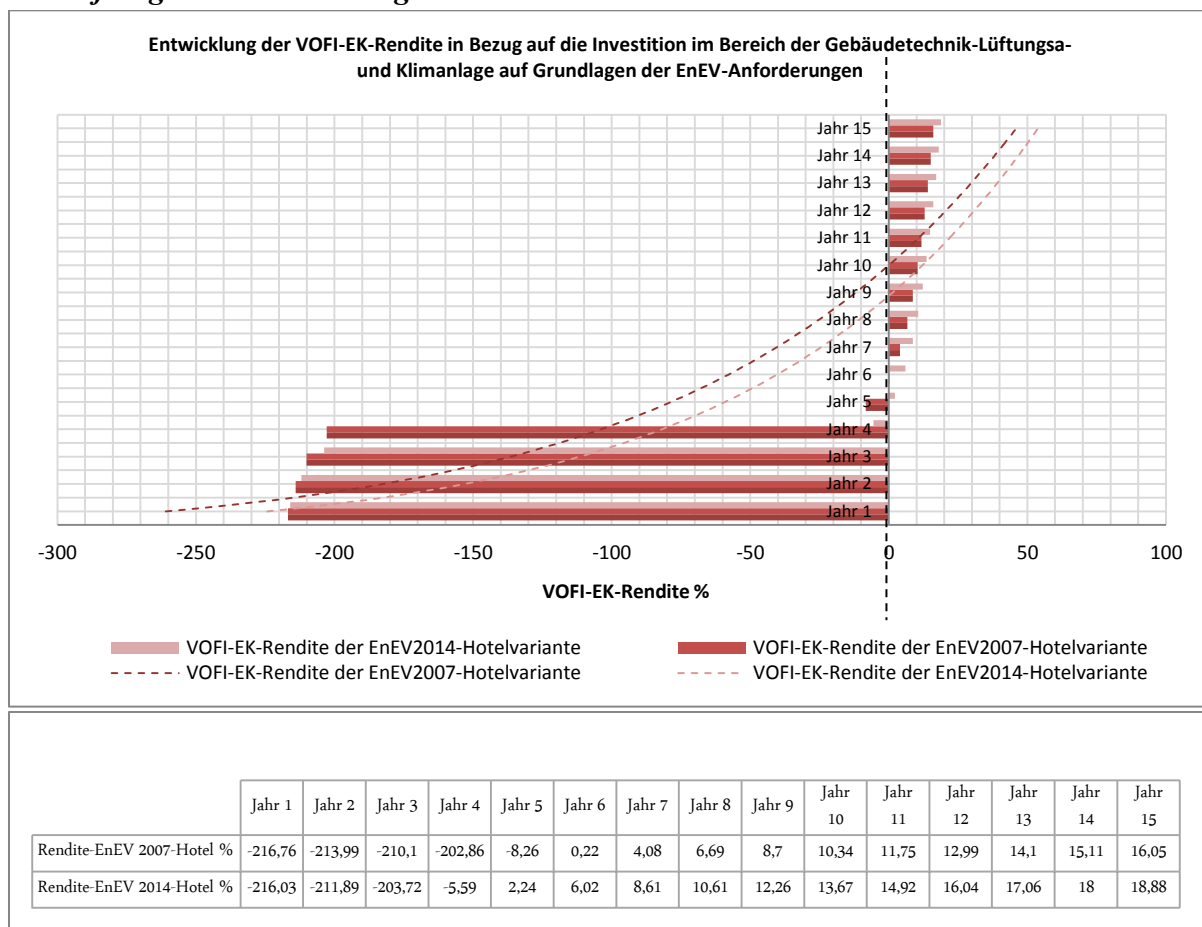


Abbildung 85: Entwicklung der VOFI-EK-Rendite in Bezug auf die Investition im Bereich der Gebäudetechnik-Lüftungs- und Klimaanlage auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen

Jahre	0	1	2	3	4	5	6	7
<b>Best<sub>1</sub></b>	-480.417,96	-389.892,27	-291.429,07	-184.577,47	-68.863,17	<b>42.117,36</b>	176.868,34	322.054,61
<b>Best<sub>Opp1</sub></b>	-	5.353,23	10.845,64	16.480,86	22.262,59	<b>28.194,64</b>	34.280,93	40.525,47
Jahre	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>Best<sub>1</sub></b>	478.256,68	631.165,92	811.038,88	1.003.852,06	1.210.315,39	1.431.175,41	1.667.217,07	1.919.265,72
<b>Best<sub>Opp1</sub></b>	46.932,36	53.505,83	60.250,21	67.169,94	74.269,59	81.553,83	89.027,45	302.588,81

Tabelle 66: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition in Gebäudetechnik-Lüftungs- und Klimaanlage-EnEV2007-Hotelvariante (Best 1)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp1)(€)

Jahre	0	1	2	3	4	5	6	7
<b>Best<sub>2</sub></b>	-512.617,96	-378.910,39	-234.242,66	-77.995,44	<b>90.482,96</b>	271.878,24	451.656,56	660.858,59
<b>Best<sub>Opp2</sub></b>	-	5.712,03	11.572,57	17.585,49	<b>23.754,74</b>	30.084,39	36.578,61	43.241,68
Jahre	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>Best<sub>2</sub></b>	885.252,94	1.125.679,54	1.366.875,20	1.641.820,62	1.935.585,22	2.249.197,23	2.583.738,10	2.940.345,26
<b>Best<sub>Opp2</sub></b>	50.078,00	57.092,05	64.288,48	71.672,00	79.247,51	87.019,97	94.994,52	322.869,82

Tabelle 67: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition in Gebäudetechnik-Lüftungs- und Klimaanlage-EnEV2014-Hotelvariante (Best 2)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp2)(€)

Best<sub>1</sub>: Bestandssaldo -EnEV2007-Hotelvariante (€), Best<sub>Opp1</sub>: Bestandssaldo des Eigenkapitals - EnEV2007-Hotelvariante (Opportunität)(€)  
 Best<sub>2</sub>: Bestandssaldo -EnEV2014-Hotelvariante (€), Best<sub>Opp2</sub>: Bestandssaldo des Eigenkapitals - EnEV2014-Hotelvariante (Opportunität)(€)



### III. Beleuchtungsanlage

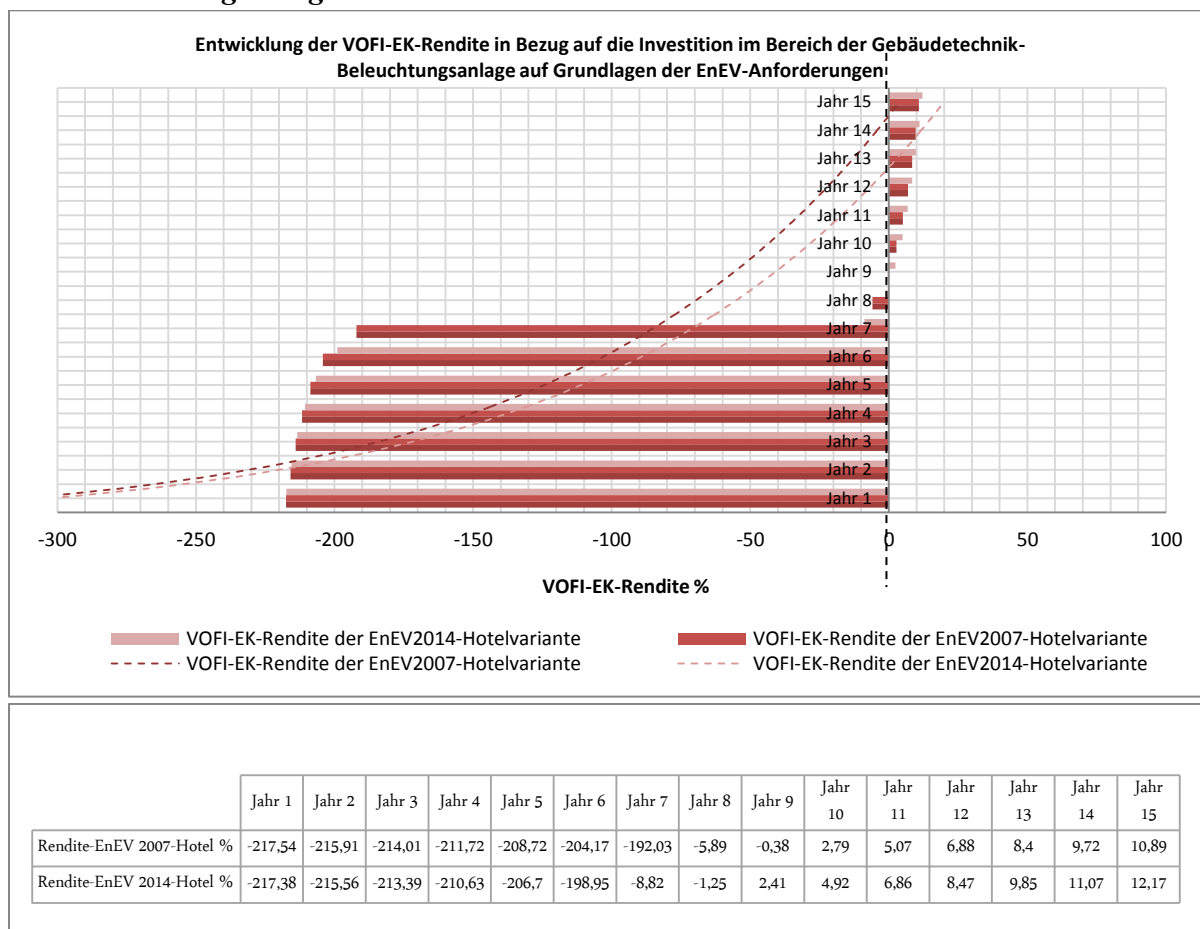


Abbildung 86: Entwicklung der VOFI-EK-Rendite in Bezug auf die Investition im Bereich der Gebäudetechnik-Beleuchtungsanlage auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen

Jahre	0	1	2	3	4	5	6	7
Best <sub>1</sub>	-243.480,30	-218.232,29	-190.214,43	-159.259,81	-125.192,54	-93.613,74	-52.841,70	-9.807,38
Best <sub>Opp1</sub>	-	2.713,07	5.496,67	8.352,65	11.282,89	14.289,31	17.373,90	20.538,68
Jahre	8	9	10	11	12	13	14	15
Best <sub>1</sub>	<u>38.556,37</u>	91.063,55	141.327,86	202.758,17	268.855,43	340.372,10	415.785,39	491.886,50
Best <sub>Opp1</sub>	<u>23.785,76</u>	27.117,25	30.535,37	34.042,35	37.640,52	41.332,24	45.119,94	153.354,83

Tabelle 68: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition in Gebäudetechnik-Beleuchtungsanlage-EnEV2007-Hotelvariante (Best<sub>1</sub>)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best<sub>Opp1</sub>)(€)

Jahre	0	1	2	3	4	5	6	7
Best <sub>2</sub>	-276.509,45	-243.643,70	-207.348,07	-167.417,09	-123.634,17	-81.557,60	-29.460,47	<u>25.773,85</u>
Best <sub>Opp2</sub>	-	3.081,11	6.242,32	9.485,72	12.813,46	16.227,71	19.730,74	<u>23.324,84</u>
Jahre	8	9	10	11	12	13	14	15
Best <sub>2</sub>	87.262,64	153.872,78	219.273,62	296.932,69	380.412,75	470.531,33	565.834,23	663.184,91
Best <sub>Opp2</sub>	27.012,40	30.795,82	34.677,62	38.660,34	42.746,62	46.939,14	51.240,66	174.158,07

Tabelle 69: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition in Gebäudetechnik-Beleuchtungsanlage-EnEV2014-Hotelvariante (Best<sub>2</sub>)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best<sub>Opp2</sub>)(€)

Best<sub>1</sub>: Bestandssaldo -EnEV2007-Hotelvariante (€), Best<sub>Opp1</sub>: Bestandssaldo des Eigenkapitals - EnEV2007-Hotelvariante (Opportunität)(€)  
 Best<sub>2</sub>: Bestandssaldo -EnEV2014-Hotelvariante (€), Best<sub>Opp2</sub>: Bestandssaldo des Eigenkapitals - EnEV2014-Hotelvariante (Opportunität)(€)

#### IV. Gesamte Gebäudetechnik

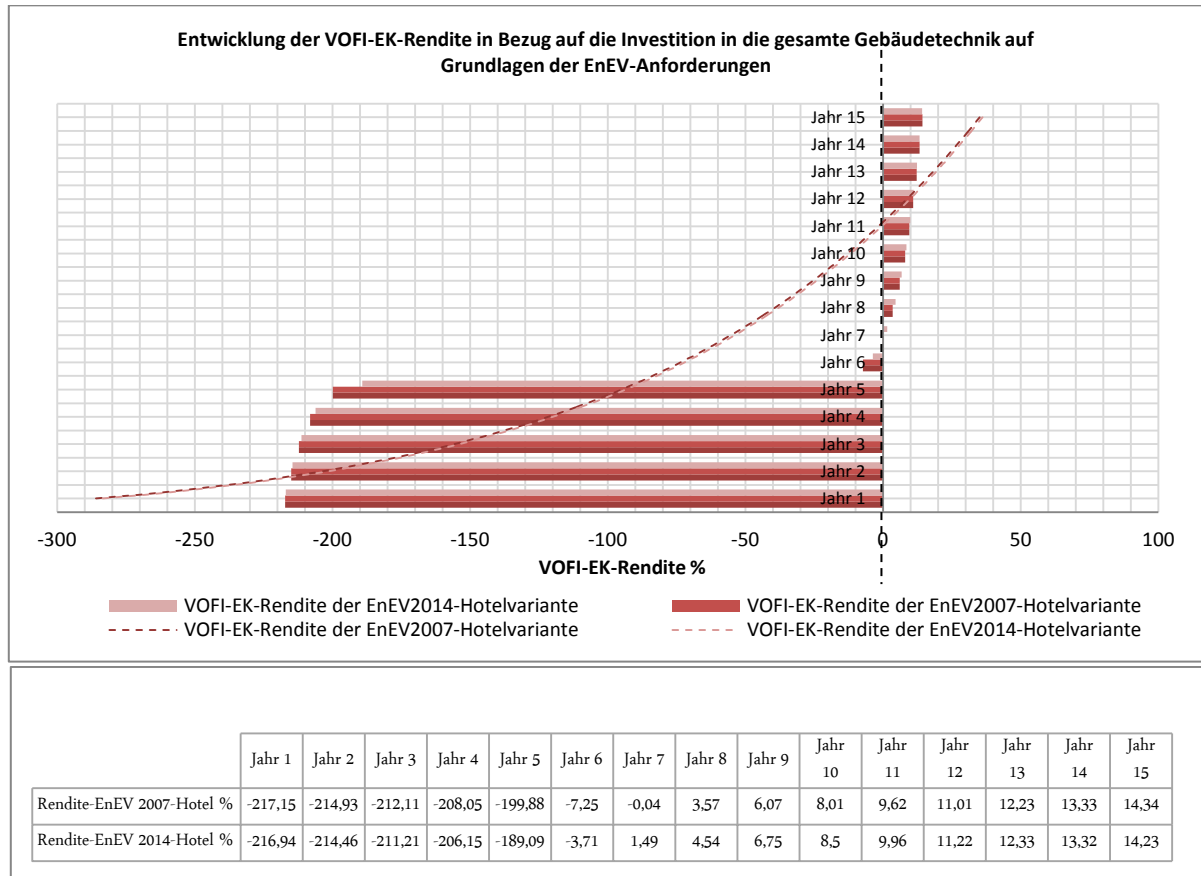


Abbildung 87: Entwicklung der VOFI-EK-Rendite in Bezug auf die Investition in die gesamte Gebäudetechnik auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen

Jahre	0	1	2	3	4	5	6	7
<b>Best<sub>1</sub></b>	-1.420.686,14	-1.205.933,41	-970.233,41	-712.347,12	-430.969,56	-172.195,78	<b>159.648,15</b>	517.882,21
<b>Best<sub>Opp1</sub></b>	-	15.830,50	32.072,60	48.736,99	65.834,65	83.376,86	<b>101.375,16</b>	119.841,41
Jahre	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>Best<sub>1</sub></b>	906.960,83	1.283.039,63	1.728.845,03	2.215.936,87	2.739.518,55	3.302.134,13	3.904.146,07	4.544.329,32
<b>Best<sub>Opp1</sub></b>	138.787,79	158.226,78	178.171,18	198.634,13	219.629,12	241.169,98	263.270,90	894.811,94

Tabelle 70: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition in die gesamte Gebäudetechnik-EnEV2007-Hotelvariante (Best 1)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp1)(€)

Jahre	0	1	2	3	4	5	6	7
<b>Best<sub>2</sub></b>	-1.560.931,63	-1.293.843,11	-1.006.165,51	-696.996,67	-365.408,66	-16.234,62	<b>316.537,77</b>	718.982,90
<b>Best<sub>Opp2</sub></b>	-	17.393,24	35.238,70	53.548,14	72.333,63	91.607,55	<b>111.382,58</b>	131.671,77
Jahre	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>Best<sub>2</sub></b>	1.149.211,57	1.606.858,77	2.037.201,58	2.552.083,77	3.097.409,09	3.674.776,14	4.283.508,21	4.921.239,27
<b>Best<sub>Opp2</sub></b>	152.488,47	173.846,41	195.759,65	218.242,64	241.310,19	264.977,49	289.260,15	983.144,85

Tabelle 71: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition in die gesamte Gebäudetechnik-EnEV2014-Hotelvariante (Best 2)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp2)(€)

Best<sub>1</sub>: Bestandssaldo -EnEV2007-Hotelvariante (€), Best<sub>Opp1</sub>: Bestandssaldo des Eigenkapitals - EnEV2007-Hotelvariante (Opportunität)(€)  
 Best<sub>2</sub>: Bestandssaldo -EnEV2014-Hotelvariante (€), Best<sub>Opp2</sub>: Bestandssaldo des Eigenkapitals - EnEV2014-Hotelvariante (Opportunität)(€)

### 5.2.2.1. Interpretation der Ergebnisse der wirtschaftlichen Untersuchung für das Szenario2

Die dargestellten Balkendiagrammen und Tabellen repräsentieren die Ergebnisse der wirtschaftlichen Untersuchung für die Investition im Bereich der Gebäudetechnik der Hotels, welche auf Grundlage der EnEV2007- und EnEV2014-Anforderungen über einen Zeitraum von 15 Jahren durchgeführt wurden, und dienen abschließend zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Investition in diesem Bereich.

Im Rahmen der wirtschaftlichen Untersuchung des zweiten Szenarios sind zwei Fallstudien zu unterscheiden, die wiederum dazu beitragen, die folgenden Situationen wirtschaftlich auszuwerten:

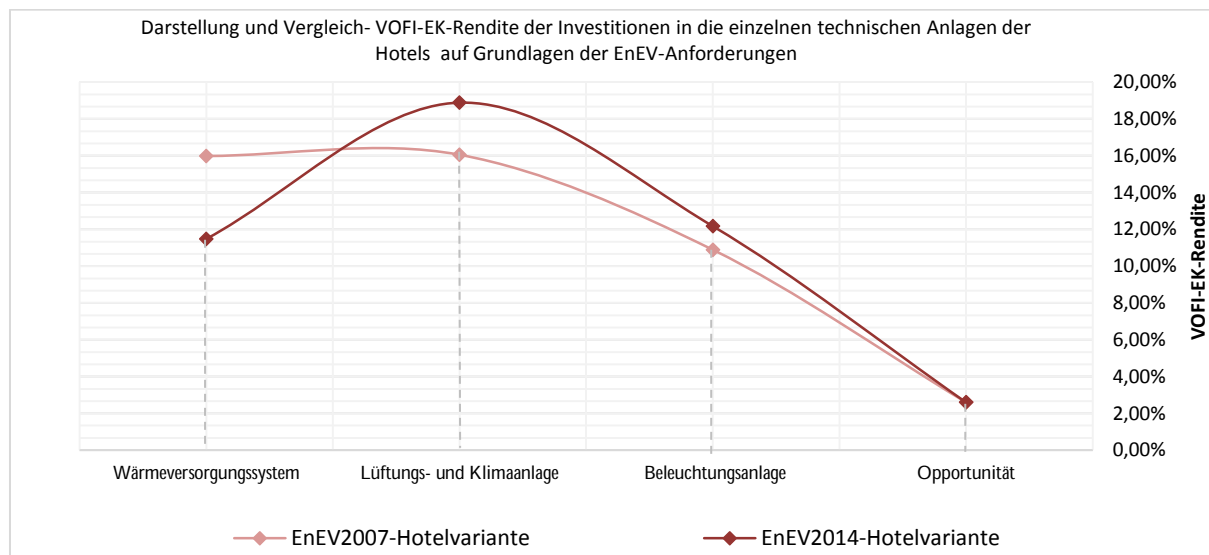
- Die Investition in die einzelnen technischen Anlagen der Gebäudetechnik.
- Die Investition in die gesamte Gebäudetechnik.

**Beobachtung 1: Die Investition in die einzelnen technischen Anlagen der Gebäudetechnik.**

**Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Investitionen bezogen auf:**

#### a) VOFI-EK-Rendite

Mittels der Investitionsrechnung kann die VOFI-EK-Rendite der Investitionen in die einzelnen technischen Anlagen der Hotels auf Grundlagen der EnEV2007 und EnEV2014 nach Ablauf des 15 jährigen Investitionszeitraumes wie folgt bestimmt werden:



Investition in:	VOFI-EK-Rendite-EnEV2007-Hotelvariante	VOFI-EK-Rendite-EnEV2014-Hotelvariante
Wärmerversorgungssystem	15,98%	11,48%
Lüftungs- und Klimaanlage	16,05%	18,88%
Beleuchtungsanlage	10,89%	12,17%
Geldanlage (Opportunität)	2,60%	2,60%

Abbildung 88: Darstellung und Vergleich- VOFI-EK-Rendite der Investitionen in die einzelnen technischen Anlagen der Hotels auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen

Die dargestellten VOFI-EK-Renditen lassen erschließen, dass die Investitionen in die einzelnen technischen Anlagen der Hotels vorteilhaft sind, jedoch weisen sie auch abweichende Renditen auf. Die höchste Rendite kann dabei durch die Investition in Lüftungs- und Klimaanlage der Hotels erzielt werden. Bezogen auf die beiden EnEV-Hotelvarianten ergeben sich hier Renditen von: 16,05% (EnEV2007-Hotelvariante) und 18,88% (EnEV2014-Hotelvariante). Weiterhin stellt sich die Investition in das Wärmeversorgungssystem (jedoch lediglich bei EnEV2007-Hotelvariante) als gleichermaßen vorteilhaftere Investition im Bereich Gebäudetechnik dar. Deren Rendite beträgt hierbei einen Wert in Höhe von 15,98%, während die Investition in das Wärmeversorgungssystem gemäß EnEV2014-Anforderungen eine relativ niedrigere Rendite aufzeigt. Diese liegt hier bei 11,48%.

Im Unterschied zu den Investitionen in den Bereichen der Lüftungs- und Klimaanlage und Wärmeversorgungsanlage (EnEV2007) weist die Investition im Bereich Beleuchtungsanlage der Hotels relativ geringere Rendite auf. Dies ist hinsichtlich der beiden untersuchten Hotelvarianten festzustellen. Dabei beträgt die Rendite der Investition in die Beleuchtungsanlage 10,89% (EnEV2007-Hotelvariante) und 12,17% (EnEV2014-Hotelvariante).

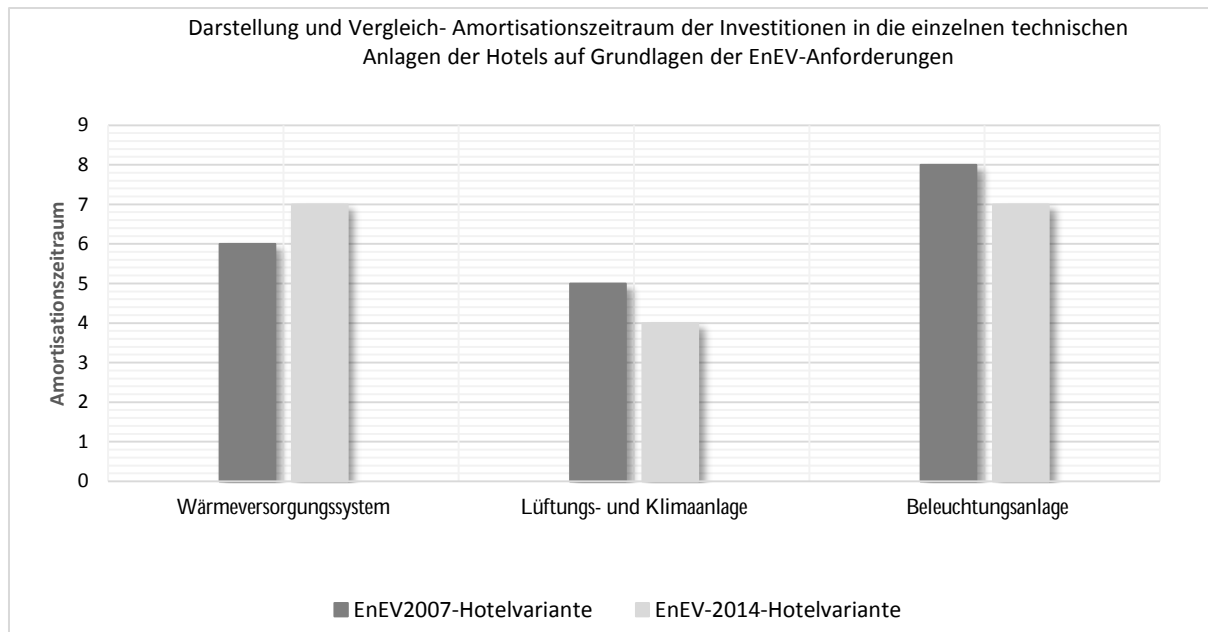
Anhand der resultierenden Ergebnisse über die VOFI-EK-Renditen der Investitionen im Bereich der Gebäudetechnik der Hotels kann schließlich zu folgenden Schlussfolgerungen gelangt werden:

*Die VOFI-EK-Rendite der Investition bei Hotels in Gebäudetechnik-Lüftungs- und Klimaanlage auf Grundlagen der EnEV 2007-Anforderungen > als die VOFI-EK-Rendite der anderen zur Wahl stehenden Investitionen in Gebäudetechnik auf Grundlagen der EnEV2007 > Opportunität (2,6%)  $\Rightarrow$  Die Investition in die Lüftungs- und Klimaanlage bei der EnEV 2007-Hotelvariante ist am vorteilhaftesten.*

*Die VOFI-EK-Rendite der Investition bei Hotels in Gebäudetechnik-Lüftungs- und Klimaanlage auf Grundlagen der EnEV 2014-Anforderungen > als die VOFI-EK-Rendite der anderen zur Wahl stehenden Investitionen in Gebäudetechnik auf Grundlagen der EnEV2014 > Opportunität (2,6%)  $\Rightarrow$  Die Investition in die Lüftungs- und Klimaanlage bei der EnEV 2014-Hotelvariante ist am vorteilhaftesten.*

#### **b) Amortisationszeitraum**

Der Amortisationszeitraum der Investition in die jeweilige untersuchte technische Anlage wird weiterführend mittels des Bestandssaldos (Best) der Investition und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) ( $Best_{opp}$ ) bestimmt. Dieser lässt sich anhand der Investitionsrechnung für die jeweilige technische Anlage wie folgt ermitteln.



Investition in:	Amortisationszeitraum- EnEV2007-Hotelvariante	Amortisationszeitraum- EnEV2014-Hotelvariante
Wärmeversorgungssystem	6 Jahre	7 Jahre
Lüftungs- und Klimaanlage	5 Jahre	4 Jahre
Beleuchtungsanlage	8 Jahre	7 Jahre

Abbildung 89: Darstellung und Vergleich- Amortisationszeitraum der Investitionen in die einzelnen technischen Anlagen der Hotels auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen

Das Ergebnis der Investitionsrechnung bezüglich des Amortisationszeitraums der Investitionen im Bereich der Gebäudetechnik der Hotels weist daraufhin, dass die betrachteten Investitionen unterschiedliche Amortisationsperioden aufzeigen. Diese liegen bei 5 bis 8 Jahren (EnEV2007-Hotelvariante) und 4 bis 7 Jahren (EnEV2014-Hotelvariante).

Die dargestellten Amortisationsperioden lassen deutlich erkennen, dass die Investition in die Lüftungs- und Klimaanlage auf Grundlage der EnEV 2014- Anforderungen, mit einer Zeit von 4 Jahren, den kürzesten Amortisationszeitraum aufweist. Die nach EnEV2007- Anforderungen durchgeführte Investition in die Lüftungs- und Klimaanlage rentiert sich zwar erst nach 5 Jahren, doch somit ebenso in einem relativ kurzen Zeitraum. Eine mittelmäßige Amortisationsphase ist außerdem bei der Investition in das Wärmeversorgungssystem zu beobachten. Jedoch hier lediglich im Falle der EnEV2007-Anforderungen. Dabei liegt der Amortisationszeitraum bei 6 Jahren. Auf Grundlagen der EnEV2014-Anforderungen wird ein längerer Zeitraum benötigt, somit ist die Investition erst nach 7 Jahren rentabel.

Die höchsten Amortisationszeiträume der Investitionen in die Gebäudetechnik der Hotels weist die Investition in Beleuchtungsanlage auf Grundlagen der EnEV2007-Anforderungen mit 8 Jahren auf, während auf Grundlagen der EnEV2014-Anforderungen die Amortisationsphase sinkt weiter und liegt schließlich bei 7 Jahren.

Anhand der Ergebnisse der Amortisationsperioden der betrachteten Investitionen im Bereich Gebäudetechnik der Hotels kann Folgendes definiert werden:

*Der Amortisationszeitraum der Investition bei Hotels in Gebäudetechnik-Lüftungs- und Klimaanlage auf Grundlagen der EnEV 2007-Anforderungen < als der Amortisationszeitraum der anderen zur Wahl stehenden Investitionen in die Gebäudetechnik auf Grundlagen der EnEV2007* ➡ *Die benannten Investitionen sind am vorteilhaftesten.*

*Der Amortisationszeitraum der Investition bei Hotels in Gebäudetechnik-Lüftungs- und Klimaanlage auf Grundlagen der EnEV 2014-Anforderungen < als der Amortisationszeitraum der anderen zur Wahl stehenden Investitionen in die Gebäudetechnik auf Grundlagen der EnEV2014* ➡ *Die Investition in die Lüftungs- und Klimaanlage bei der EnEV 2014-Hotelvariante ist am vorteilhaftesten.*

Bezogen auf die beiden Zielgrößen der Investitionsrechnung ergibt sich schließlich:

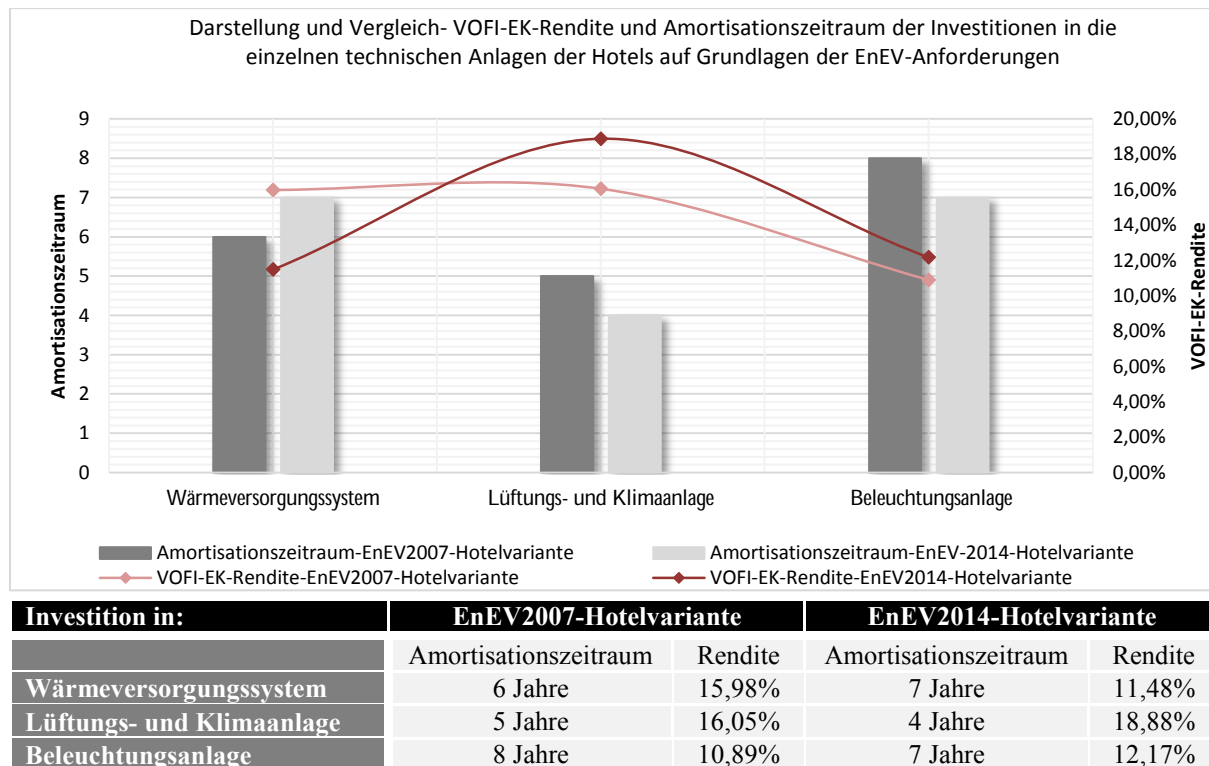


Abbildung 90: Darstellung und Vergleich- VOFI-EK-Rendite und Amortisationszeitraum der Investitionen in die einzelnen technischen Anlagen der Hotels auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen

*Aus der vorstehenden Übersicht lässt sich die Investition im Bereich der Lüftungs- und Klimaanlage in den beiden betrachteten Hotelvarianten hinsichtlich der beiden Zielgrößen der Investitionsrechnung (FOVI-EK-Rendite und Amortisationszeitraum) am vorteilhaftesten einstufen.*

## Beobachtung 2: die Investition in die gesamte Gebäudetechnik

Neben der Auswertung der Wirtschaftlichkeit der Investitionen in die einzelnen technischen Anlagen der Hotels befasst sich das zweite Szenario außerdem mit der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Investition bezogen auf die gesamte Gebäudetechnik auf Grundlage der EnEV2007- und EnEV2014-Anforderungen. Anhand der Ergebnisse der durchgeführten Investitionsrechnung (Abschnitt: 5.2.2-IV) kann die Wirtschaftlichkeit der Investitionen wie folgt definiert werden:

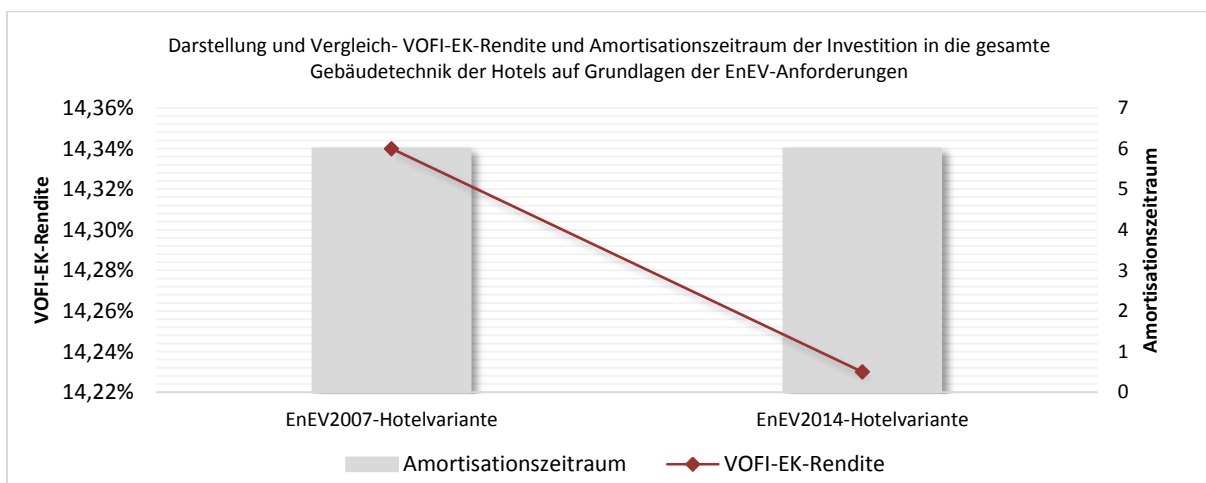
### a) VOFI-EK-Rendite

Die VOFI-EK-Rendite der Investitionen bei Hotels in die gesamte Gebäudetechnik auf Grundlagen der EnEV2007-, und EnEV2014-Anforderungen lässt sich nach Ablauf des 15 jährigen Investitionszeitraumes wie folgt bestimmen:

- VOFI-EK-Rendite der Investition auf Grundlagen der EnEV2007 = 14,34 %.
- VOFI-EK-Rendite der Investition auf Grundlagen der EnEV2014 = 14,23 %.

### b) Amortisationszeitraum

- $Best_1 > Best_{Opp1}$  erstmalig im 6. Jahr  $\Rightarrow$  der Amortisationszeitraum der Investition in die gesamte Gebäudetechnik gemäß den EnEV2007 = 6 Jahre.
- $Best_2 > Best_{Opp2}$  erstmalig im 6. Jahr  $\Rightarrow$  der Amortisationszeitraum der Investition in die gesamte Gebäudetechnik gemäß den EnEV2014 = 6 Jahre.



Investition in die gesamte Gebäude- technik der Hotels	VOFI-EK-Rendite	Amortisationszeitraum
EnEV2007-Hotelvariante	14,34%	6 Jahre
EnEV2014-Hotelvariante	14,23%	6 Jahre

Abbildung 91: Darstellung und Vergleich- VOFI-EK-Rendite und Amortisationszeitraum der Investition in die gesamte Gebäudetechnik der Hotels auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen

In einer weiteren Perspektive ist mittels der vorhandenen Ergebnisse festzustellen, dass die Investitionen in die gesamte Gebäudetechnik der Hotels auf Grundlagen der EnEV2007-, und EnEV2014-Anforderungen nach Ablauf des 15 jährigen Investitionszeitraumes höhere Renditen gegenüber der Opportunität aufweisen und somit als vorteilhaft zu betrachten sind. Dabei stellt sich jedoch die Investition in die Gebäudetechnik auf Grundlagen der EnEV2007-Anforderungen bezogen auf die VOFI-EK-Rendite relativ vorteilhafter dar. Weiterhin zeigen die beiden Investitionen die gleichen Amortisationszeiträume von 6 Jahren auf.

### 5.2.2.2. Gebäudehülle vs. Gebäudetechnik

Eines der grundsätzlichen Ziele der wirtschaftlichen Untersuchung der vorliegenden Arbeit bezieht sich darauf, die Investitionen in den Bereichen Gebäudehülle und Gebäudetechnik der Hotels im Vergleich zu setzen und somit gegenseitig wirtschaftlich zu beurteilen.

Durch die Ergebnisse der wirtschaftlichen Untersuchung für die Investitionen in Gebäudehülle und Gebäudetechnik der Hotels auf Grundlagen der EnEV2007-, und EnEV2014-Anforderungen ist anzumerken, dass die Investition in die Gebäudetechnik eine deutlich höhere VOFI-EK-Rendite und einen kürzeren Amortisationszeitraum gegenüber der Investition in die Gebäudehülle aufzeigt. Dies ist schließlich bezogen auf die beiden untersuchten Hotelvarianten (EnEV2007-, und EnEV2014-Hotelvariante) zu beachten (Abb.92).

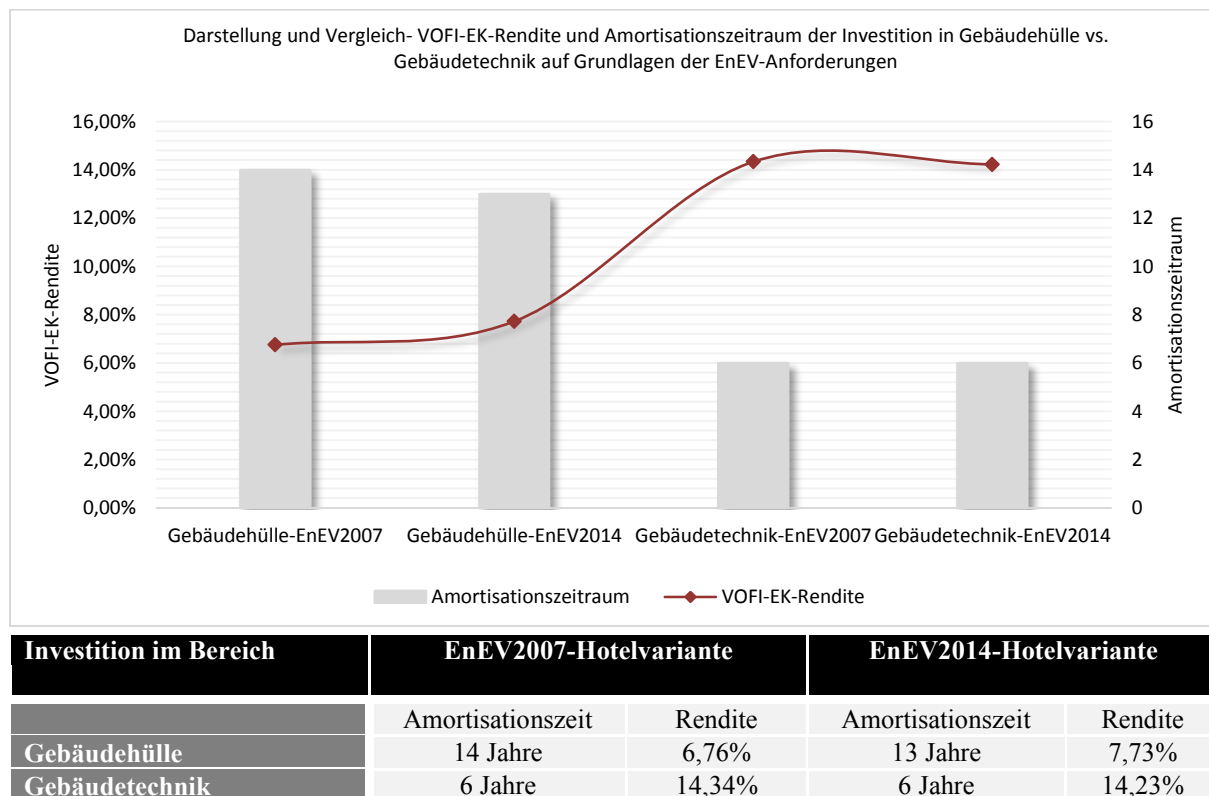


Abbildung 92: Darstellung und Vergleich- VOFI-EK-Rendite und Amortisationszeitraum der Investition in Gebäudehülle vs. Gebäudetechnik auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen

*Aus der vorstehenden Übersicht ist schließlich erkenntlich, dass die Investition im Bereich der Gebäudetechnik der Hotels auf Grundlagen der EnEV2007-, und EnEV2014-Anforderungen der Investition im Bereich der Gebäudehülle angesichts der VOFI-EK-Rendite sowie auch des Amortisationszeitraumes überlegen ist, und sich somit am vorteilhaftesten darstellt.*



### 5.2.3. Szenario3: Die Investition im Gesamthotelbetrieb

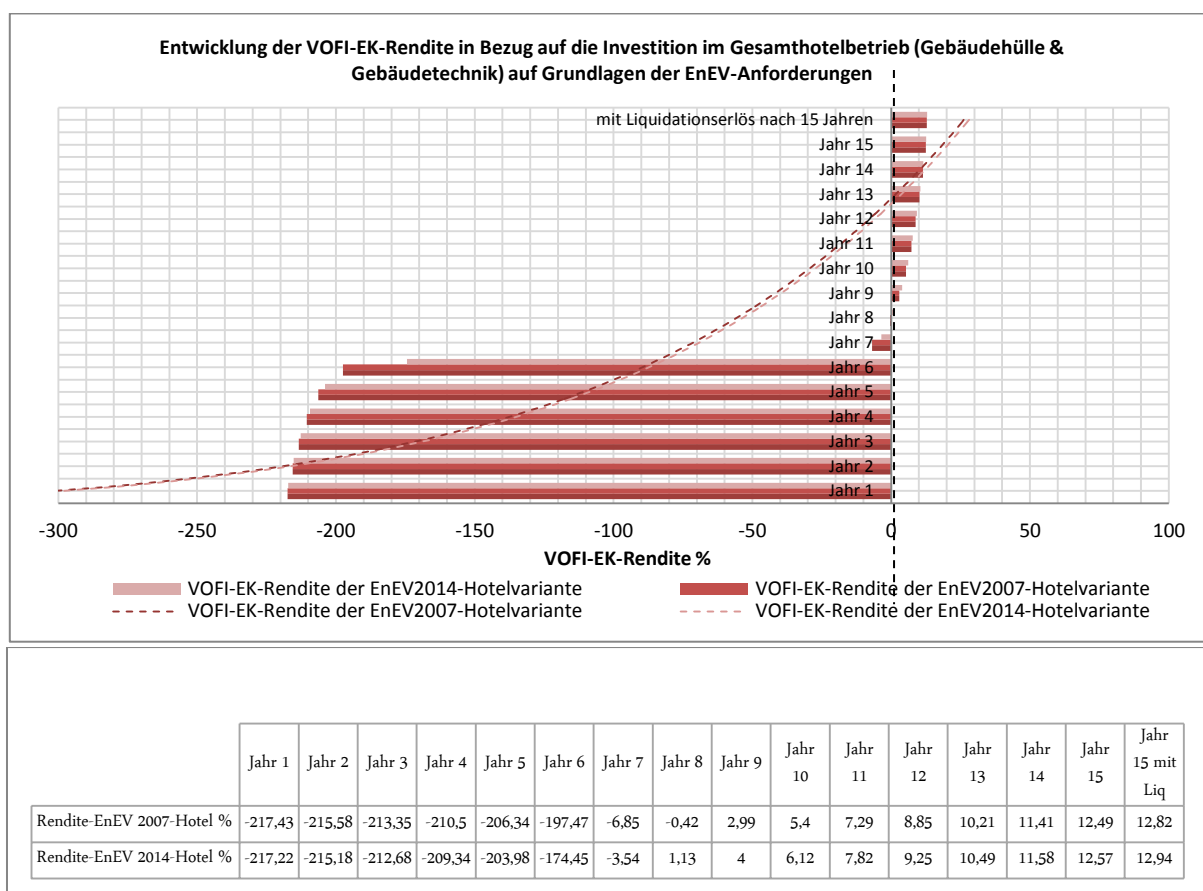


Abbildung 93: Entwicklung der VOFI-EK-Rendite in Bezug auf die Investition im Gesamthotelbetrieb (Gebäudehülle & Gebäudetechnik) auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen

Jahre	0	1	2	3	4	5	6	7
<b>Best<sub>1</sub></b>	-1.736.793,70	-1.521.422,42	-1.283.947,00	-1.023.061,79	-737.392,15	-494.713,74	-156.095,74	<b>210.429,46</b>
<b>Best<sub>Opp1</sub></b>	-	19.352,84	39.208,86	59.581,14	80.483,09	101.928,49	123.931,48	<b>146.506,54</b>
Jahre	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>Best<sub>1</sub></b>	609.399,59	978.123,37	1.437.002,21	1.939.036,89	2.479.530,23	3.061.130,20	3.684.307,89	4.544.291,83
<b>Best<sub>Opp1</sub></b>	169.668,56	193.432,78	217.814,88	242.830,91	268.497,36	294.831,13	321.849,59	1.093.910,68

Tabelle 72: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition im Gesamthotelbetrieb-EnEV2007-Hotelvariante (Best 1)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp1)(€)

Jahre	0	1	2	3	4	5	6	7
<b>Best<sub>2</sub></b>	-1.961.908,05	-1.690.155,35	-1.395.146,06	-1.075.757,03	-730.823,31	-364.923,75	-23.706,12	<b>402.883,22</b>
<b>Best<sub>Opp2</sub></b>	-	21.861,26	44.290,92	67.303,74	90.914,90	115.139,95	139.994,85	<b>165.495,97</b>
Jahre	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>Best<sub>2</sub></b>	861.512,36	1.352.152,81	1.807.812,40	2.365.792,95	2.959.969,82	3.592.386,85	4.262.844,83	5.218.543,55
<b>Best<sub>Opp2</sub></b>	191.660,13	218.504,55	246.046,93	274.305,42	303.298,62	333.045,64	363.566,09	1.235.697,81

Tabelle 73: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition im Gesamthotelbetrieb-EnEV2014-Hotelvariante (Best 2)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp2)(€)

Best<sub>1</sub>: Bestandssaldo -EnEV2007-Hotelvariante (€), Best<sub>Opp1</sub>: Bestandssaldo des Eigenkapitals - EnEV2007-Hotelvariante (Opportunität)(€)  
 Best<sub>2</sub>: Bestandssaldo -EnEV2014-Hotelvariante (€), Best<sub>Opp2</sub>: Bestandssaldo des Eigenkapitals - EnEV2014-Hotelvariante (Opportunität)(€)

### 5.2.3.1. Interpretation der Ergebnisse der wirtschaftlichen Untersuchung für das Szenario3

Im dritten Szenario der wirtschaftlichen Untersuchung werden die beiden Hotelbereiche (Gebäudehülle & Gebäudetechnik) bei der Investitionsrechnung in Erwägung gezogen. Es handelt sich demzufolge hier um die ökonomische Auswertung des gesamten Pakets der jeweiligen betrachteten EnEV-Anforderungen bei Hotels. Anhand der Ergebnisse der Investitionsrechnung (Abschnitt: 5.2.3) kann die Wirtschaftlichkeit der Investitionen in Hinsicht auf die VOFI-EK-Rendite und den Amortisationszeitraum wie folgt ermittelt werden:

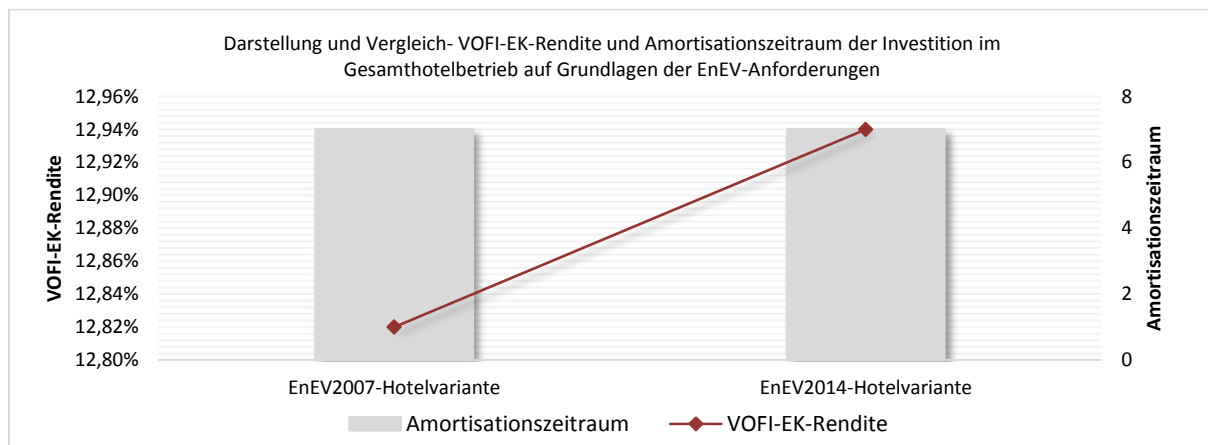
#### a) VOFI-EK-Rendite

Die VOFI-EK-Rendite der Investitionen im Gesamthotelbetrieb auf Grundlagen der EnEV2007-, und EnEV2014-Anforderungen lassen sich nach Ablauf des 15 jährigen Investitionszeitraumes wie folgt identifizieren:

- VOFI-EK-Rendite der Investition auf Grundlagen der EnEV2007 = 12.82 %.
- VOFI-EK-Rendite der Investition auf Grundlagen der EnEV2014 = 12.94 %.

#### c) Amortisationszeitraum

- $Best_1 > Best_{Opp1}$  erstmalig im 8. Jahr  $\Rightarrow$  der Amortisationszeitraum der Investition im Gesamthotelbetrieb gemäß den EnEV2007 = 7 Jahre.
- $Best_2 > Best_{Opp2}$  erstmalig im 8. Jahr  $\Rightarrow$  der Amortisationszeitraum der Investition im Gesamthotelbetrieb gemäß den EnEV2014 = 7 Jahre.

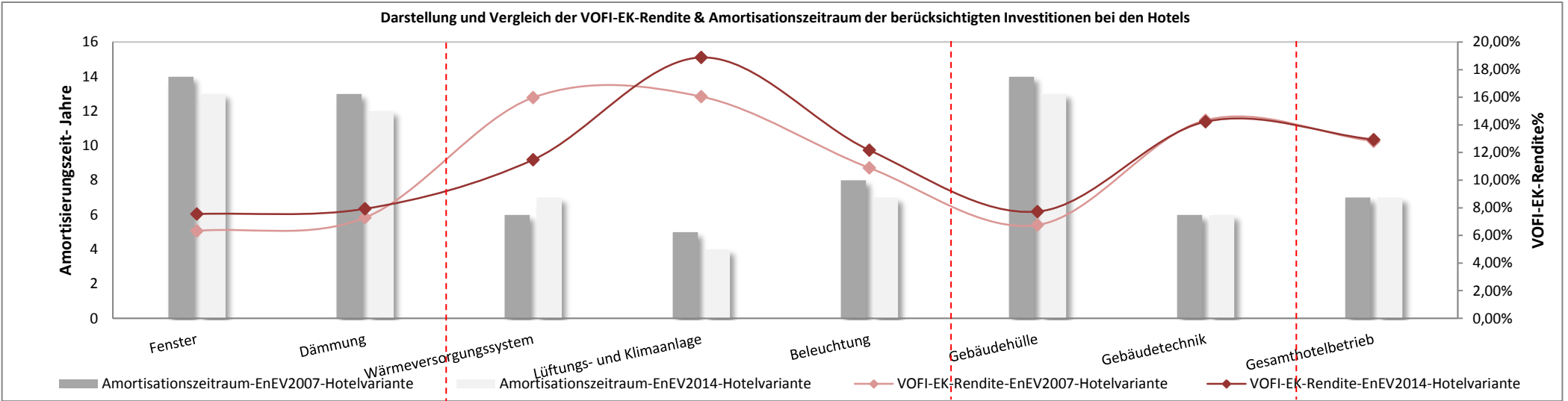


Investition im Gesamthotelbetrieb	VOFI-EK-Rendite	Amortisationszeitraum
EnEV2007-Hotelvariante	12.82%	7 Jahre
EnEV2014-Hotelvariante	12.94%	7 Jahre

Abbildung 94: Darstellung und Vergleich- VOFI-EK-Rendite und Amortisationszeitraum der Investition im Gesamthotelbetrieb auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen

Aus der obigen Darstellung ist infolge festzulegen, dass die Investitionen im Gesamthotelbetrieb auf Grundlagen der EnEV2007-, und EnEV2014-Anforderungen höhere Rendite gegenüber der Opportunität am Ende des Investitionszeitraumes aufweisen und somit als vorteilhaft darstellen. In diesem Zusammenhang ist weiterhin darauf hinzuweisen, dass sich die Investition im Gesamthotelbetrieb, in Bezug auf die VOFI-EK-Rendite, auf Grundlagen der EnEV2014-Anforderungen am vorteilhaftesten gegenüber der Investition auf Grundlagen der EnEV2007-Anforderungen repräsentiert. Die beiden Investitionen zeigen jedoch dabei den gleichen Amortisationszeitraum von 7 Jahren.

5.3. Zusammenfassung der Ergebnisse der Wirtschaftlichen Untersuchung



	Fenster	Dämmung	Wärmeversorgungssystem	Lüftungs- und Klimaanlage	Beleuchtung	Gebäudehülle	Gebäudetechnik	Gesamthotelbetrieb
Amortisationszeitraum-EnEV2007-Hotelvariante	14	13	6	5	8	14	6	7
Amortisationszeitraum-EnEV2014-Hotelvariante	13	12	7	4	7	13	6	7
VoFI-EK-Rendite-EnEV2007-Hotelvariante	6,33%	7,29%	15,98%	16,05%	10,89%	6,76%	14,34%	12,82%
VoFI-EK-Rendite-EnEV2014-Hotelvariante	7,55%	7,93%	11,48%	18,88%	12,17%	7,73%	14,23%	12,94%

Abbildung 95: Darstellung und Vergleich der VOFI-EK-Rendite & Amortisationszeitraum der berücksichtigten Investitionen bei den Hotels

Gebäudehülle	Gebäudetechnik	Gebäudehülle & Gebäudetechnik	Gesamthotelbetrieb
Anhand der wirtschaftlichen Untersuchung im Bereich der Gebäudehülle der Hotels ist festzustellen, dass Investition in die Gebäudehülle auf Grundlagen der berücksichtigten EnEV-Anforderungen nach Ablauf des 15 jährigen Investitionszeitraumes vorteilhaft ist. Dabei stellt die Investition im Bereich der Dämmung auf Grundlagen der beiden EnEV-Anforderungen eine vorteilhaftere Alternative gegenüber der Investition im Bereich der Fenster dar. Dies ist ebenfalls bezogen auf die VOFI-EK-Rendite und den Amortisationszeitraum festzustellen.	Mittels der wirtschaftlichen Untersuchung im Bereich der Gebäudetechnik der Hotels ist schließlich festzulegen, dass sich die Investition in die Gebäudetechnik auf Grundlagen der betrachteten EnEV-Anforderungen am Ende des geplanten Investitionszeitraumes als vorteilhaft darstellt. Weiterhin ist bezogen auf die Investition in die einzelnen technischen Anlagen festzuhalten, dass die Investition in die Lüftungs- und Klimaanlage der Hotels auf Grundlagen der beiden untersuchten EnEV-Anforderungen vorteilhafter gegenüber der Investitionen in die restlichen untersuchten technischen Anlagen ist. Dies ist ebenso hinsichtlich der VOFI-EK-Rendite und des Amortisationszeitraumes zu beobachten.	Im Vergleich der Vorteilhaftigkeit der Investitionen in Hotelbereichen (Gebäudehülle vs. Gebäudetechnik) wird schließlich festgelegt, dass sich die Investition in die Gebäudetechnik auf Grundlagen der beiden untersuchten EnEV-Anforderungen sowie auch bezogen auf die VOFI-EK-Rendite und den Amortisationszeitraum deutlich vorteilhafter gegenüber der Investition in die Gebäudehülle erweist.	Abschließend ist darauf hinzuweisen, dass die Investitionen im Gesamthotelbetrieb auf Grundlagen der beiden EnEV-Anforderungen nach Ablauf des 15 jährigen Investitionszeitraumes vorteilhaft sind. Dabei stellt sich jedoch die Investition auf Grundlagen der EnEV2014-Anforderungen in Bezug auf die VOFI-EK-Rendite als vorteilhafter dar.

#### 5.4. Vergleich der VOFI-EK-Rendite mit den Energiesparpotenzialen der jeweiligen Investition in den Hotels

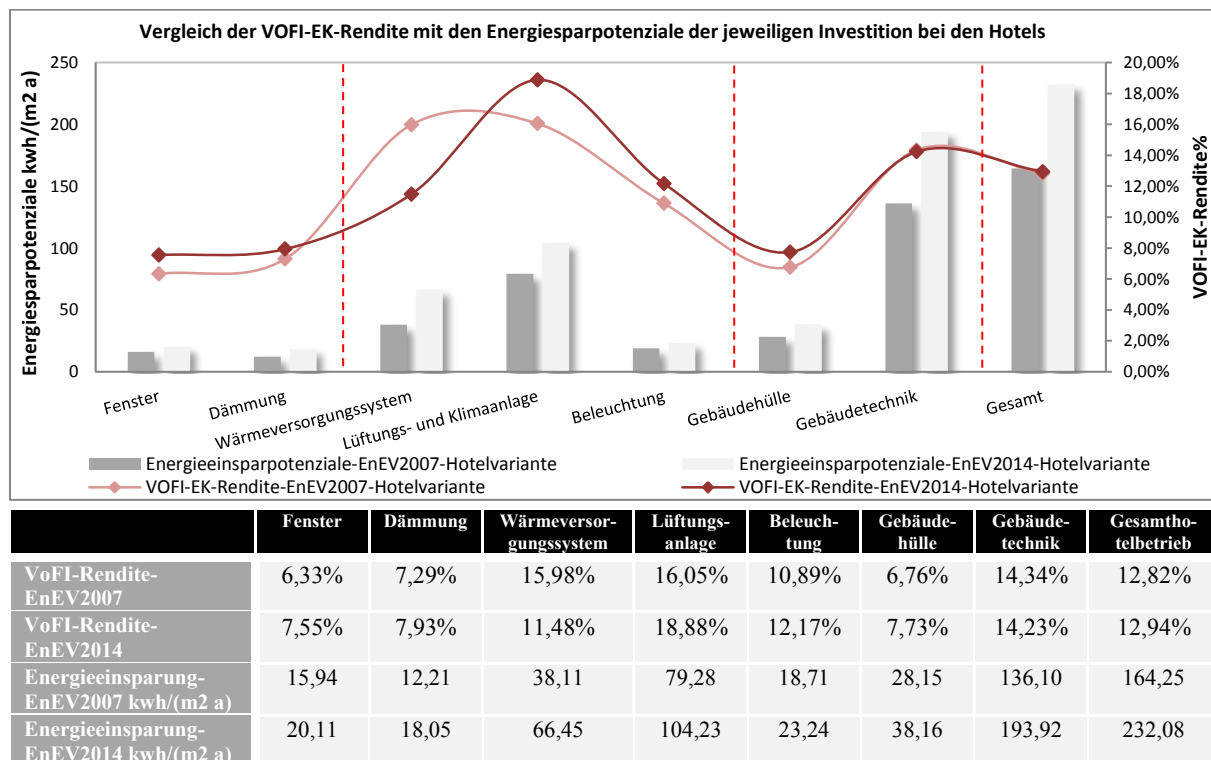


Abbildung 96: Vergleich der VOFI-EK-Rendite mit den Energiesparpotenzialen der jeweiligen Investition bei den Hotels

Das oben dargestellte Diagramm fasst die Ergebnisse der energetischen und wirtschaftlichen Untersuchungen der berücksichtigten EnEV-Hotelvarianten zusammen, um letztlich die erzielten Energieeinsparpotenziale und die VOFI-Renditen bei den Investitionen in die Hotelvarianten in Vergleich zu setzen und beurteilen zu können.

Aus den vorstehenden Ergebnissen ist erkenntlich, dass die Investitionen in die einzelnen technischen Anlagen der Gebäudetechnik deutlich höhere Energiesparpotenziale gegenüber den Investitionen in die einzelnen Bauteile der Gebäudehülle erzielen können. Dies ist aber auch in Hinsicht auf die VOFI-Rendite der Investitionen festzustellen. Dabei präsentieren sich die Investitionen in die einzelnen technischen Anlagen wirtschaftlich als führende Alternative. Eine ähnliche Aussage kann in Anbetracht der Investition im Gesamtbereich der Gebäudetechnik und Gebäudehülle getroffen werden. Die höheren Energiesparpotenziale bei der Investition im Gesamtbereich der Gebäudetechnik gegenüber der Gebäudehülle hat auch eine höhere Rendite zur Folge. Somit ergibt sich:

*Die erzielten Energieeinsparpotenziale durch die Investitionen in den Hotels auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen weisen einen deutlichen Einfluss auf die Rendite der Investitionen auf. Dabei ist festzuhalten, dass die Investitionen, die hohe Energieeinsparpotenziale aufweisen, zur Folge auch hohe Renditen hervorbringen. Dies macht im Endeffekt ersichtlich, dass die Steigerung der Energieeffizienz im Hotelbetrieb auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen in Relation mit ökonomischer Vorteilhaftigkeit steht.*

Anhand der Ergebnisse der energetischen und wirtschaftlichen Untersuchungen in den Hotels ist darüber hinaus ein kritischer Gesichtspunkt hinsichtlich der Investition im Bereich Wärmeversorgungssystem auf Grundlagen der EnEV2014-Anforderungen festzustellen und ist wie folgt zu verdeutlichen.

#### ***5.4.1. Kritische Betrachtung für die Investition im Bereich Wärmeversorgungssystem auf Grundlagen der EnEV 2014-Anforderungen***

Durch die Beobachtung der Energiesparpotenziale der Investitionen in die einzelnen technischen Anlagen ist festzustellen, dass durch die Investition im Bereich Wärmeversorgungssystem gemäß den EnEV2014-Anforderungen höhere Energiesparpotenziale gegenüber der Investition gemäß den EnEV2007-Anforderungen erzielt werden können. Trotz diesem Fakt zeigt die wirtschaftliche Untersuchung, dass die Investition ins Wärmeversorgungssystem gemäß den EnEV2014-Anforderungen eine niedrigere VOFI-Rendite gegenüber der Investition ins Wärmeversorgungssystem auf Grundlagen der EnEV2007-Anforderungen aufweist.

In diesem Zusammenhang ist im Hinblick auf die vorgeschriebenen EnEV-Anforderungen im Bereich Wärmeversorgungssystem darauf hinzuweisen, dass die EnEV2007 einen Niedertemperaturheizkessel betrieben mit Erdgas als Wärmeversorgungssystem vorschreibt. Die EnEV 2014 schreibt dagegen ein Brennwertkessel betrieben mit Heizöl vor. Ausgehend von diesem Gesichtspunkten können die Einflussfaktoren auf die Senkung der VOFI-Rendite der Investition im Bereich Wärmeversorgungssystem auf Grundlagen der EnEV2014-Anforderungen gegenüber der Investition auf Grundlagen der EnEV2007-Anforderungen also trotz ihrer höheren Energiesparpotenziale wie folgt ermittelt werden.

- ***Energiepreise der Energie:*** die Energiepreise stellen bedeutende Faktoren dar, die die Rendite der Investitionen der vorliegenden Arbeit deutlich beeinflussen. Anhand der Datenermittlung über die Energiepreise ist festzustellen, dass das Heizöl (also der Energieträger für das Wärmeversorgungssystem gemäß den EnEV2014-Anforderungen) deutlich höhere Preise gegenüber dem Erdgas (der Energieträger für das Wärmeversorgungssystem gemäß den EnEV2007-Anforderungen) aufweist. Die höheren Preise des Heizöles stellt sich hier als einer der Einflussfaktoren auf die Verringerung der Rendite der Investition in Wärmeversorgungssystem auf Grundlagen der EnEV2014-Anforderungen dar, welche zu berücksichtigen ist.
- ***Investitionskosten und Instandhaltungskosten:*** Im Hinblick auf die Datenermittlung über die beiden betrachteten Wärmeversorgungssysteme ist schließlich festzulegen, dass der Brennwertkessel höhere Investitionskosten als auch höhere Instandhaltungskosten gegenüber dem Niedertemperaturheizkessel aufweist. Dies stellt darüber hinaus einen weiteren Einflussfaktor auf die Rendite der Investition dar und führt schließlich dazu, sie weiter sinken zu lassen.

Auf Grundlage der erwähnten Gesichtspunkte stellen sich die EnEV2014-Anforderungen im Bereich des Wärmeversorgungssystems vor allem bezogen auf den vorgeschriebenen Energieträger als unwirtschaftliche Alternative dar und sind somit im Rahmen der vorliegenden Arbeit kritisch beurteilt.

## 6. Die Sensitivitätsanalyse

### 6.1. Definition

Die Sensitivitätsanalyse bildet ein komplementäres Verfahren für die Investitionsrechnung und dient dazu, die Stabilität der Zielgrößen der Investitionsrechnung im Fall der Abweichung der Inputgrößen zu überprüfen. Infolgedessen können die Aufgabenbereiche der Sensitivitätsanalyse in die folgenden Gesichtspunkte gegliedert werden:

- Bestimmung des Einflusses der Abweichung von einer oder mehreren Inputgrößen auf die Zielgröße der Investitionsrechnung.
- Bestimmung der Zulässigen Abweichung der Inputgrößen: dabei handelt es sich darum, inwieweit eine oder mehrere Inputgrößen variiert werden dürfen, ohne dazu zu führen, dass die Investition seine Vorteilhaftigkeit verliert.<sup>172</sup>

### 6.2. Die Sensitivitätsanalyse bezogen auf die Bestimmung des Einflusses der Abweichung von einer oder mehreren Inputgrößen auf die Zielgröße der Investitionsrechnung

Anhand der Literatur kann der Einfluss der Abweichung von einer und mehreren Inputgrößen auf die Zielgrößen der Investitionsrechnung mittels der folgenden zwei Methoden bestimmt werden:

- Zielgrößen-Änderungsrechnungen
- Dreifach-Rechnungen

Die Zielgrößen-Änderungsrechnungen basieren auf einer allmählichen Veränderung der Inputgrößen, welche infolge ermöglicht, die Veränderung der Zielgrößen zu beobachten und dementsprechend zu bestimmen. Die Dreifach-Rechnungen werden anhand einer bestimmten Methodik durchgeführt. Die Methodik basiert darauf, die Schwankung der Inputgrößen in drei Szenarien anzuordnen: *optimistisch*, *wahrscheinlich* und *pessimistisch*. Die Zielgrößen werden somit für das jeweilige Szenario berechnet und ermittelt. Anhand der resultierenden Werte der Zielgrößen lässt sich dann die Investitionsentscheidung treffen. Weist die Zielgröße der Investitionsrechnung positive Werte für alle drei erwähnten Szenarien auf, dann ist die Investition durchzuführen. Beträgt die Zielgröße negative Werte für alle drei Szenarien, dann ist die Investition unterzulassen. Bei den restlichen Situationen kann keine deutliche Entscheidung in Hinsicht auf die Durchführung der Investition getroffen werden. Die Entscheidung in diesem Fall liegt am Investor (Tab.74).<sup>173</sup>

	Datenkonstellation			Entscheidungsregel
	optimistisch	wahrscheinlich	pessimistisch	
Vorzeichen der Zielgröße	+	+	+	Investition durchführen
	+	+	-	Entscheidung nach Subjektivem Ermessen des Investors
	+	-	-	Entscheidung nach Subjektivem Ermessen des Investors
	-	-	-	Investition unterlassen

Tabelle 74: mögliche Ergebnisse einer Dreifach-Rechnungen, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Hartmut Bieg, 2009, S. 197)

<sup>172</sup> Vgl. (Hartmut Bieg, 2009, S. 196)

<sup>173</sup> Vgl. (Hartmut Bieg, 2009, S. 196,197)

### **6.2.1. Anwendung der Sensitivitätsanalyse**

Die Sensitivitätsanalyse bildet keine direkte Lösung für die Entscheidungsprobleme einer Investition sondern hat die Aufgabe, die einflussreichsten Inputgrößen auf die Zielgrößen der Investition zu bestimmen, die infolge als bedeutende Kennzahlen bei der Entscheidung zur Durchführung einer Investition in Erwägung zu ziehen sind. Z.B. Weist die Abweichung einer Inputgröße einen geringeren Einfluss auf die Zielgröße der Investition auf, dann hat diese keinen wichtigen Einfluss bei der Investitionsentscheidung und kann somit als sichere Inputgröße betrachtet werden. Anders ist es wenn die Abweichung einer Inputgröße einen großen Einfluss auf die Zielgröße der Investition hat. Dadurch kann somit die Vorteilhaftigkeit der Investition beeinflusst werden. Somit ist dann diese für die Investitionsentscheidung von großer Bedeutung und soll unbedingt berücksichtigt werden. Demzufolge trägt die Sensitivitätsanalyse dazu bei, die Inputgrößen bezogen auf ihre Bedeutung bei der Investitionsentscheidung anzuordnen.<sup>174</sup>

### **6.2.2. Grundlagen zur Sensitivitätsanalyse bezogen auf die wirtschaftliche Untersuchung der vorliegenden Arbeit**

Die bereits durchgeführte wirtschaftliche Untersuchung für die Investitionen in Hotels auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen wird im Folgenden durch die Sensitivitätsanalyse weiter erforscht. Die Methodik zur Durchführung der Sensitivitätsanalyse erfolgt mittels der gleichen Verfahrensweise der wirtschaftlichen Untersuchung und wird somit anhand der folgenden Szenarien durchgeführt.

- **Szenario1:** Sensitivitätsanalyse für die Investition im Bereich Gebäudehülle
- **Szenario2:** Sensitivitätsanalyse für die Investition im Bereich Gebäudetechnik
- **Szenario3:** Sensitivitätsanalyse für die Investition im Gesamthotelbetrieb

In jedem Szenario wird die Stabilität der Zielgrößen der Investitionsrechnung durch die Abweichung von den vorhandenen Inputgrößen überprüft. Die vorhandenen Inputgrößen und Zielgrößen der Investitionsrechnung der vorliegenden Arbeit lassen sich wie folgt beschreiben

#### **➤ Die Zielgrößen**

Die Zielgrößen der durchgeführten Investitionsrechnungen verkörpern grundsätzlich zwei Kennzahlen, diese umfassen: die VOFI-EK-Rendite und den Amortisationszeitraum. Die Sensitivitätsanalyse der vorliegenden Arbeit beschäftigt sich also mit der Bestimmung des Einflusses der Schwankungen der Inputgrößen auf die VOFI-EK-Rendite und den Amortisationszeitraum der Investitionen.

#### **➤ Die Inputgrößen**

Hier sind mehrere Eingangsparameter bzw. Inputgrößen zu berücksichtigen, die wiederum einen Einfluss auf die Zielgrößen der Investitionsrechnung aufweisen können. Diese lassen sich schließlich wie folgt anordnen (Abb.97).

---

<sup>174</sup> Vgl. (Hartmut Bieg, 2009, S. 201)

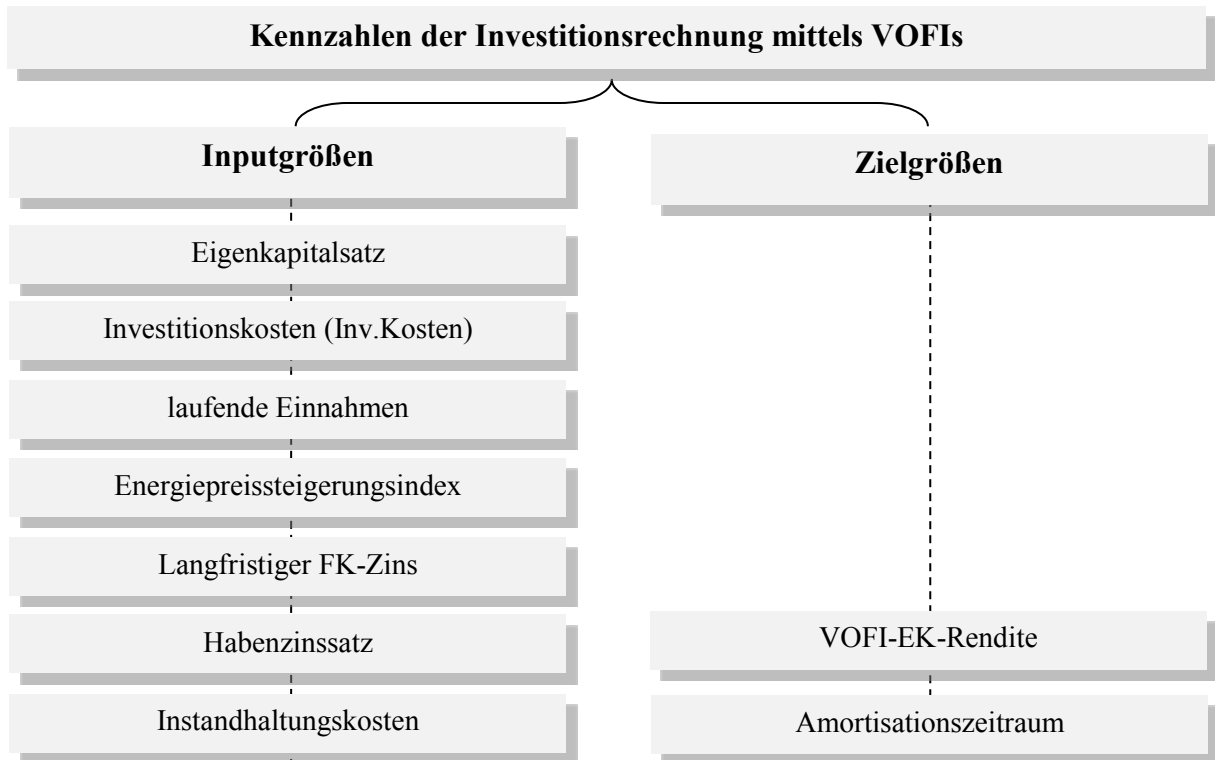


Abbildung 97: Inputgrößen und Zielgrößen der Investitionsrechnung der vorliegenden Arbeit

#### 6.2.2.1. Bestimmung der möglichen Schwankungen der Inputgrößen

Anhand der bereits erläuterten Methoden der Sensitivitätsanalyse wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit die Methode „Dreifach-Rechnungen“ zur Durchführung der Sensitivitätsanalyse übernommen. In diesem Zusammenhang werden die Schwankungen der Inputgrößen anhand von drei Szenarien bestimmt. Diese umfassen:

- optimistisch
- wahrscheinlich
- pessimistisch

Die rationale Bestimmung der Schwankungen der Inputgrößen ist im Rahmen der Sensitivitätsanalyse von großer Relevanz. Dabei sollen die Schwankungen der Inputgrößen so bestimmt werden, dass die Zielgrößen der Investitionsrechnung nicht zu stark und nicht zu minimal beeinflusst werden. Im Folgenden werden die Szenarien der Schwankungen der im Rahmen der vorliegenden Arbeit betrachteten Inputgrößen bezogen auf die Randbedingungen der Arbeit ermittelt und definiert.

##### ➤ Definition der Szenarien

#### I. Das Szenario „wahrscheinlich“

Die Werte der Inputgrößen für das Szenario „wahrscheinlich“ repräsentieren die Basis-Werte bzw. die voraussichtliche Werte der Inputgrößen und lassen sich bezogen auf die Randbedingungen der vorliegenden Arbeit wie folgt definieren:



- **Eigenkapitalsatz:** durchschnittlicher Eigenkapitalsatz für die Investition in Hotels (Abschnitt: 4.3.4.2).
- **Investitionskosten:** aktuelle Investitionskosten nach dem Baukostenplaner „BKI“ (Anhang A-1) (Anhang A-2).
- **Die laufenden Einnahmen:** Berechnungsprozess (Abschnitt: 4.3.1-III).
- **Energiepreissteigerungsindex:** Berechnungsprozess (Abschnitt: 4.3.3).
- **Langfristiger FK-Zins:** Aktuelle Zinssätze der Kredite für Baufinanzierung (Tab.57).
- **Habenzinssatz:** Aktuelle Bank-Angebote (Tab.54).
- **Instandhaltungskosten:** Anhand der Literatur (Tab.52).

## II. Die Szenarien „optimistisch“ und „pessimistisch“

Die Werte der Inputgrößen für die Szenarien „optimistisch“ und „pessimistisch“ werden in Abhängigkeit von der Randbedingung der jeweiligen Inputgröße ermittelt und sind wie folgt zu verdeutlichen.

- **Eigenkapitalsatz:** Anhand der Literatur, kann der Betrag des Eigenkapitals einer Investition in Hotels einen Prozentsatz in Höhe von 25% bis 35% der Investitionskosten erreichen.<sup>175</sup> Diese Werte werden zur Bestimmung der möglichen Abweichung des Eigenkapitals für die Investitionen der vorliegenden Arbeit in Erwägung gezogen.
- **Investitionskosten:** bezogen auf die vorhandene Arbeit bestehen die Investitionskosten grundlegend aus zwei Zahlungsströmen: Anschaffungskosten und Baunebenkosten. Die Baunebenkosten stellen sich dabei als Prozentsatz der Anschaffungskosten dar und sind somit von dem Wert der Anschaffungskosten abhängig. Die Anschaffungskosten wurden hauptsächlich mittels des Baukostenplaner „BKI“ bestimmt. Jedoch wurden dabei keine spezifischen sondern abweichenden Kosten für das jeweilige Investitionsobjekt ermittelt. Anhand der Abweichungen von den Werten der Anschaffungskosten, wird einen Prozentsatz errechnet, der die maximalen und minimalen Schwankungen der betrachteten Anschaffungskosten darstellt. Dieser beträgt einen Wert in Höhe von  $\pm 20\%$  der Basis-Werte der Anschaffungskosten.
- **Die laufenden Einnahmen:** die Bestimmung der möglichen Abweichung der laufenden Einnahmen, welche durch die Steigerung der Energieeffizienz bei Hotels erzielt werden können, wurde anhand der Angaben der bereits untersuchten Hotels ermittelt. Diese Abweichung kann schließlich bei einem Schwankungswert von  $\pm 20\%$  der Basis-Werte der laufenden Einnahmen liegen.
- **Energiepreissteigerungsindex:** Die Schwankungen des Energiepreissteigerungsindex werden durch die Berücksichtigung der jährlichen Entwicklung des Energiepreisindex gemäß dem Statistischen Bundesamt „Daten zur Energiepreisentwicklung“ ermittelt, welche hier bei  $\pm 2\%$  des Basis-Wert des Energiepreissteigerungsindex liegen können.
- **langfristige FK-Zinsen:** die Abweichung der langfristigen FK-Zinsen wird durch die Beobachtung der aktuellen Bank-Angebote bestimmt. Dabei kann die Schwankung der Zinsen  $\pm 2\%$  betragen.

---

<sup>175</sup> Vgl. (Martina Fidlschuster, 2011, S. 137)

- **Habenzinssatz:** durch die Betrachtung der aktuellen Bank-Angebote sowie die Entwicklung von Habenzinsen in den letzten 10 Jahren kann die Schwankung der Habenzinsen in Höhe von  $\pm 1\%$  eingeschätzt werden.
- **Instandhaltungskosten:** Anhand der Literatur kann schließlich die Abweichung von der Preissteigerungsrate der Instandhaltung bei  $\pm 1\%$  eingegrenzt werden.<sup>176</sup>

Abschließend können die möglichen Schwankungen der betrachteten Inputgrößen anhand der vorliegenden Tabelle folgendermaßen zusammengestellt werden:

Inputgrößen	Abweichung	
Eigenkapitalsatz	25%-35%	Literatur hinsichtlich der Investition in Hotels
Investitionskosten	$\pm 20\%$	Entspricht der Abweichung nach BKI
Laufende Einnahmen	$\pm 20\%$	Gemäß den Angaben der untersuchten Hotels
Energiepreissteigerungsindex	$\pm 2\%$	Einschätzung gemäß der Entwicklung von Energiepreisindex nach Statistischem Bundesamt
langfristiger FK-Zins	$\pm 2\%$	Ausgehend von Bankangeboten
Habenzinssatz	$\pm 1\%$	In Anbetracht der Bankenangebote und der Entwicklung von Habenzinsen in den letzten 10 Jahren
Instandhaltungskosten	$\pm 1\%$	Literatur im Rahmen der Instandhaltung in Nichtwohngebäuden

Tabelle 75: Zusammenfassung der möglichen Schwankungen der betrachteten Inputgrößen

#### 6.2.2.2. Methoden der Sensitivitätsanalyse

Nach der Ermittlung der erforderlichen Daten zur Durchführung der Sensitivitätsanalyse wird nun einen Überblick über die Methoden der Sensitivitätsanalyse gegeben. Die Sensitivitätsanalyse lässt sich mittels zwei Methoden realisieren. Diese umfassen:

- Sensitivitätsanalyse mit mehreren Inputgrößen
- Sensitivitätsanalyse mit isolierten Inputgrößen

Die Sensitivitätsanalyse mit mehreren Inputgrößen beschreibt eine Methode, die die Abweichung von verschiedenen Inputgrößen gleichzeitig in Erwägung zieht.<sup>177</sup> Die Sensitivitätsanalyse mit mehreren Inputgrößen erfolgt somit durch die Berücksichtigung von zahlreichen Kombinationen von Inputgrößen und stellt sich somit als komplexe Methode dar. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird infolgedessen lediglich das Prinzip dieser Methode anhand des bereits aufgebauten Excel-VOFI-Modells dargestellt und erläutert (Tab.77). Die Sensitivitätsanalyse mit isolierten Inputgrößen funktioniert auf Basis einer Methode, bei der jede einzelne Inputgröße separat verändert wird, während die restlichen Inputgrößen konstant gehalten werden (Tab.76).<sup>178</sup> Dabei begrenzen sich die Fallstudien der Untersuchung auf die Zahl der Inputgrößen.

<sup>176</sup>Vgl. (Bahr, 2008, S. 136)

<sup>177</sup>Vgl. (Hartmut Bieg, 2009, S. 196)

<sup>178</sup>Vgl. (Hartmut Bieg, 2009, S. 196)

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird die Sensitivitätsanalyse mit isolierten Inputgrößen detailliert durchgeführt. Dabei wird sie entsprechend der betrachteten Zielgrößen in zwei Phasen realisiert:

- Phase 1: Sensitivitätsanalyse bezogen auf die VOFI-EK-Rendite
- Phase 2: Sensitivitätsanalyse bezogen auf den Amortisationszeitraum

#### **6.2.2.3. Darstellung der Sensitivitätsanalyse**

Die Sensitivitätsanalyse wird anhand von zwei Darstellungsmethoden präsentiert: Tabellen und Balkendiagramme

##### **a) Tabellen der Sensitivitätsanalyse**

Die Tabellen der Sensitivitätsanalyse sind entsprechend der Methode der Dreifach-Rechnungen angeordnet. Sie bestehen grundsätzlich aus drei Kennzahlen: Inputgrößen, Zielgröße und die Szenarien der möglichen Schwankungen der Inputgrößen „*optimistisch, wahrscheinlich und pessimistisch*“. Dem jeweiligen Szenario „*optimistisch und pessimistisch*“ sind in zwei Bereiche zugeteilt, die die Abweichung der Inputgrößen in zwei Stufen aufteilen. Z.B. Die Abweichung der Investitionskosten beträgt  $\pm 20\%$ . Dies wird anhand der Tabelle der Sensitivitätsanalyse in zwei Stufen berücksichtigt. Bei der ersten Stufe wird von einer Abweichung der Investitionskosten in Höhe von  $\pm 10\%$  und bei der zweiten Stufe in Höhe von  $\pm 20\%$  ausgegangen. Die Aufteilung der Schwankung der Inputgrößen in Stufen dient schließlich dazu, die Abweichung der Zielgröße durch die Schwankung der Inputgrößen in mehreren Stufen überprüfen zu können. (Tab.76).

##### **b) Das Balkendiagramm**

Zusätzlich wird neben der Tabelle der Sensitivitätsanalyse ein Balkendiagramm präsentiert. Das Balkendiagramm listet die Abweichung der Zielgröße grafisch und macht somit den Einfluss der Schwankung der jeweiligen Inputgröße auf die Zielgröße der Investitionsrechnung sichtbar.

# Sensitivitätsanalyse mit isolierten Inputgrößen (Investition in Gebäudetechnik-Lüftungs- und Klimaanlage: EnEV2007-Hotelvariante)

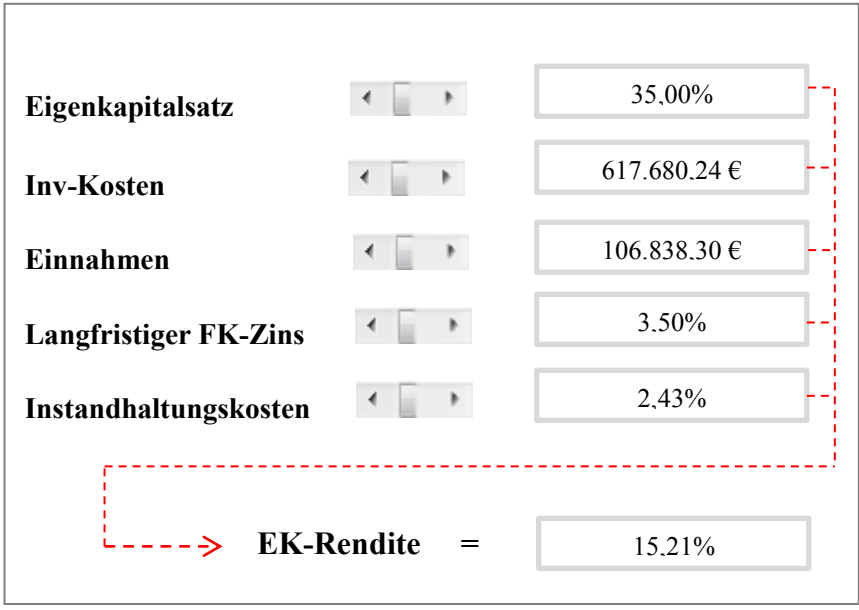
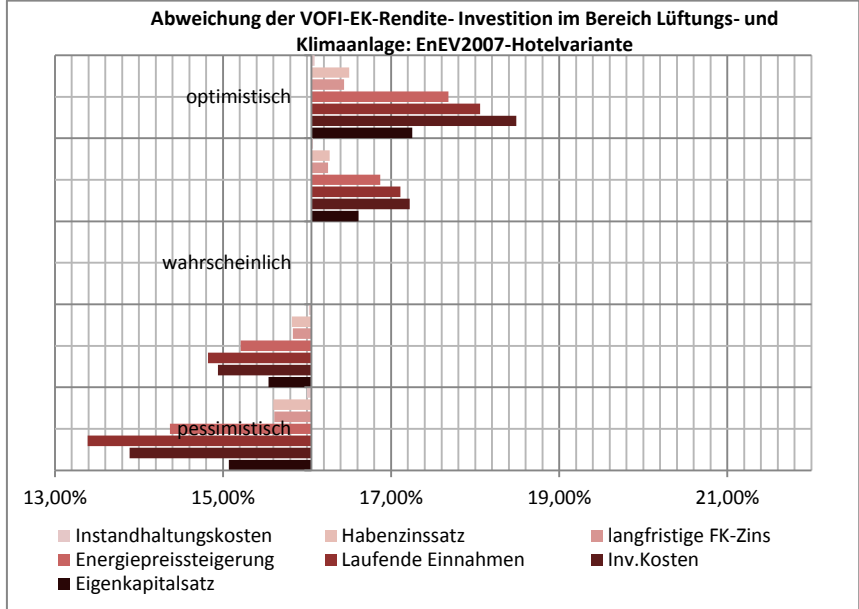
	optimistisch		wahr-scheinlich	pessimistisch	
	2	1		1	2
Eigenkapitalsatz <i>EK-Rendite</i>	25,00%	27,50%	30,00%	32,50%	35,00%
Inv.Kosten (+/-10-20%) <i>EK-Rendite</i>	17,25%	16,61%	16,05%	15,54%	15,07%
Inv.Kosten (+/-10-20%) <i>EK-Rendite</i>	549.049,10 €	617.680,24 €	686.311,38 €	754.942,51 €	823.573,65 €
Einnahmen (+/-10-20%) <i>EK-Rendite</i>	18,49%	17,22%	16,05%	14,94%	13,89%
Einnahmen (+/-10-20%) <i>EK-Rendite</i>	142.451,06 €	130.580,14 €	118.709,22 €	106.838,30 €	94.967,38 €
Energiepreissteigerung <i>EK-Rendite</i>	18,06%	17,11%	16,05%	14,82%	13,39%
Energiepreissteigerung <i>EK-Rendite</i>	Wärme Strom	Wärme Strom	Wärme Strom	Wärme Strom	Wärme Strom
langfristige FK-Zins <i>EK-Rendite</i>	6,79% 7,28%	5,79% 6,28%	4,79% 5,28%	3,79% 4,28%	2,79% 3,28%
langfristige FK-Zins <i>EK-Rendite</i>	17,68%	16,87%	16,05%	15,21%	14,37%
Habenzinssatz <i>EK-Rendite</i>	2,50%	3,50%	4,50%	5,50%	6,50%
Habenzinssatz <i>EK-Rendite</i>	16,44%	16,25%	16,05%	15,83%	15,61%
Instandhaltungskosten <i>EK-Rendite</i>	2,50%	2,00%	1,50%	1,00%	0,50%
Instandhaltungskosten <i>EK-Rendite</i>	16,50%	16,27%	16,05%	15,82%	15,60%
Instandhaltungskosten <i>EK-Rendite</i>	0,43%	0,93%	1,43%	1,93%	2,43%
Instandhaltungskosten <i>EK-Rendite</i>	16,09%	16,07%	16,05%	16,02%	16,00%

Tabelle 76: Sensitivitätsanalyse mit isolierten Inputgrößen

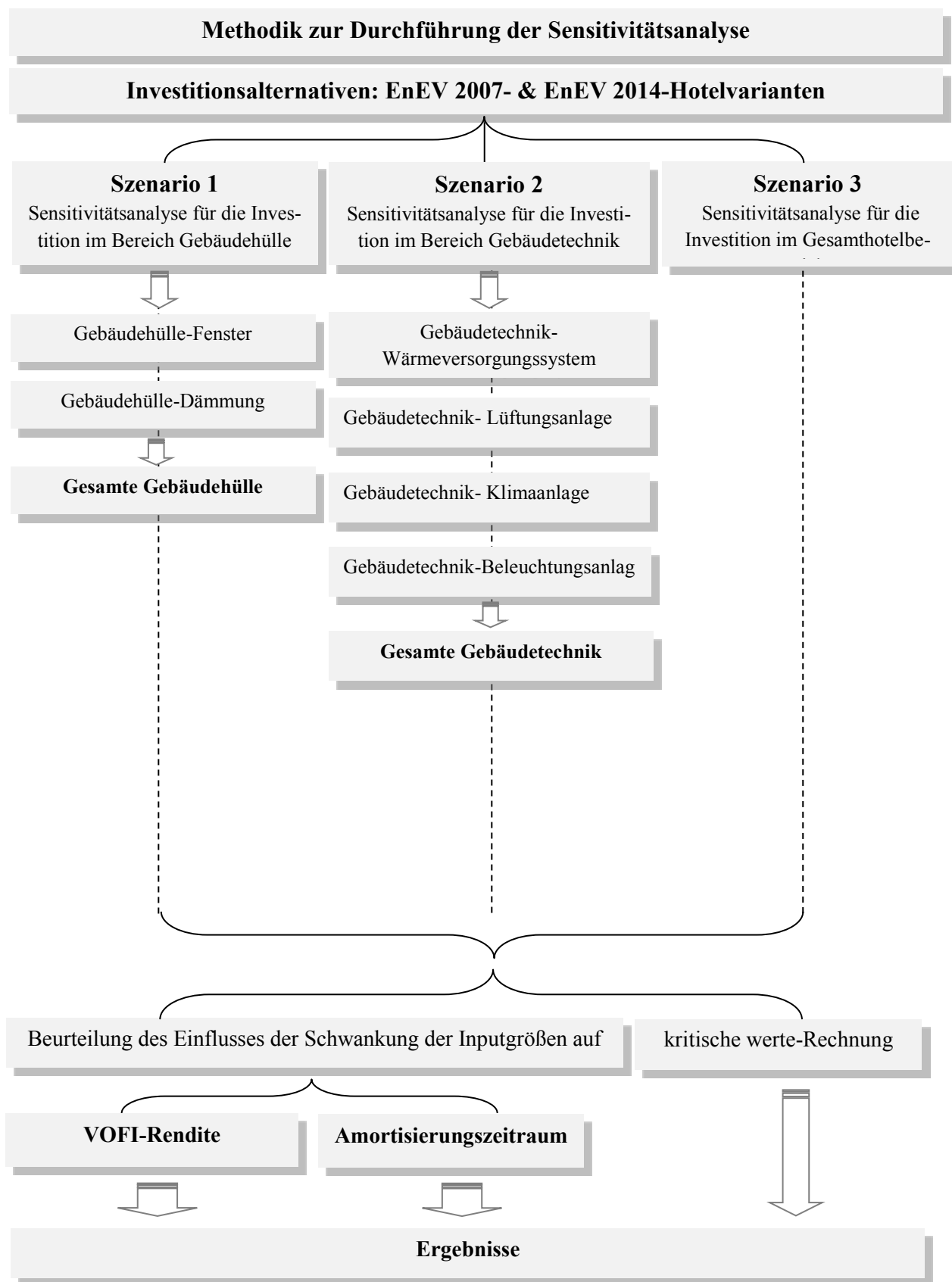
# Sensitivitätsanalyse mit mehreren Inputgrößen (Investition in Gebäudetechnik-Lüftungs- und Klimaanlage: EnEV2007-Hotelvariante)

	optimistisch		wahr-scheinlich	pessimistisch	
	2	1		1	2
Eigenkapitalsatz <i>EK-Rendite</i>	25,00%	27,50%	30,00%	32,50%	35,00%
Inv.Kosten (+/-10-20%) <i>EK-Rendite</i>	17,25%	16,61%	16,05%	15,54%	15,07%
Inv.Kosten (+/-10-20%) <i>EK-Rendite</i>	549.049,10 €	617.680,24 €	686.311,38 €	754.942,51 €	823.573,65 €
Einnahmen (+/-10-20%) <i>EK-Rendite</i>	18,49%	17,22%	16,05%	14,94%	13,89%
Einnahmen (+/-10-20%) <i>EK-Rendite</i>	142.451,06 €	130.580,14 €	118.709,22 €	106.838,30 €	94.967,38 €
Energiepreissteigerung <i>EK-Rendite</i>	18,06%	17,11%	16,05%	14,82%	13,39%
Energiepreissteigerung <i>EK-Rendite</i>	Wärme Strom	Wärme Strom	Wärme Strom	Wärme Strom	Wärme Strom
langfristige FK-Zins <i>EK-Rendite</i>	6,79% 7,28%	5,79% 6,28%	4,79% 5,28%	3,79% 4,28%	2,79% 3,28%
langfristige FK-Zins <i>EK-Rendite</i>	17,68%	16,87%	16,05%	15,21%	14,37%
Habenzinssatz <i>EK-Rendite</i>	2,50%	3,50%	4,50%	5,50%	6,50%
Habenzinssatz <i>EK-Rendite</i>	16,44%	16,25%	16,05%	15,83%	15,61%
Instandhaltungskosten <i>EK-Rendite</i>	2,50%	2,00%	1,50%	1,00%	0,50%
Instandhaltungskosten <i>EK-Rendite</i>	16,50%	16,27%	16,05%	15,82%	15,60%
Instandhaltungskosten <i>EK-Rendite</i>	0,43%	0,93%	1,43%	1,93%	2,43%
Instandhaltungskosten <i>EK-Rendite</i>	16,09%	16,07%	16,05%	16,02%	16,00%

Tabelle 77: Sensitivitätsanalyse mit mehreren Inputgrößen



#### 6.2.2.4. Methodik zur Durchführung der Sensitivitätsanalyse



### 6.2.2.5. Durchführung der Sensitivitätsanalyse

#### I. Sensitivitätsanalyse bezogen auf die VOFI-Rendite

##### a) Zielsetzung

Die Zielsetzung der Sensitivitätsanalyse in Hinsicht auf die VOFI-Rendite besteht darin, die Empfindlichkeit der Rendite einer Investition durch die Schwankung der einzelnen Inputgrößen zu überprüfen, um somit, die Inputgrößen mit dem prägnantesten Einfluss auf die Rendite zu ermitteln.

##### b) Bedeutung der Analyse in Hinsicht auf die Übertragbarkeit der Ergebnisse

Die Sensitivitätsanalyse bezogen auf die VOFI-Rendite bezieht sich darauf, die Abweichung der Rendite einer Investition für die Schwankung der Inputgrößen „*optimistisch, wahrscheinlich und pessimistisch*“ zu bestimmen. Die Bedeutung der Sensitivitätsanalyse besteht also neben der Ermittlung der einflussreichsten Inputgrößen auf die Zielgröße darin, das Ergebnis der Investitionsrechnung (also hier die VOFI-Rendite einer Investition) für mehrere Schwankungsszenarien der Inputgrößen bzw. für mehrere Investitionsszenarien übertragbar zu machen. Die Schwankungsszenarien der Inputgrößen der vorliegenden Arbeit betragen dabei:

- Eigenkapital (25%-35%)
- Investitionskosten ( $\pm 20\%$ )
- laufende Einnahmen ( $\pm 20\%$ )
- Energiepreissteigerungsindex ( $\pm 2\%$ )
- langfristiger FK-Zins ( $\pm 2\%$ )
- Habenzinssatz ( $\pm 1\%$ )
- Instandhaltungskosten ( $\pm 1\%$ )

Die Analyse ermöglicht weiterhin vor allem Für Hoteliers und Hotelbetreiber, sich einen Überblick über Zahlen und Indikatoren in Hinsicht auf die mögliche Abweichung der Rendite der Investition im Fall der Schwankung der Inputgrößen zu verschaffen (Abschnitt: (d)).

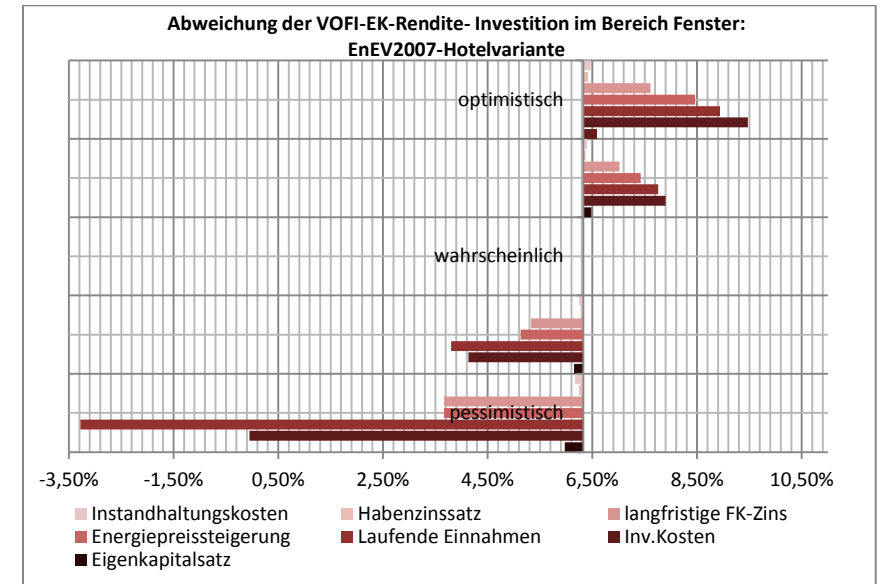
##### c) Durchführung

Zu ermitteln sind bei der Durchführung der Sensitivitätsanalyse in erster Linie die Werte der Inputgrößen und die VOFI-Rendite für das Szenario „*wahrscheinlich*“, welche von (Abschnitt 6.2.2.1-I) und (Abschnitt: 5.2) abzuleiten sind. Für die Szenarien „*optimistisch und pessimistisch*“ wird dann jede Inputgröße separat berücksichtigt. Die Abweichung der jeweiligen Inputgröße wird anhand der Tabelle (Tab.75) bestimmt. Durch das bereits aufgebaute VOFI-Excel-Modell werden dann die Abweichungswerte der jeweiligen Inputgröße einzeln eingegeben und die VOFI-Rendite für die jeweilige Abweichung der Inputgröße berechnet. Die Ergebnisse bzw. die Schwankungen der VOFI-Rendite werden schließlich mittels eines Balkendiagramms grafisch dargestellt. Die Durchführung der Sensitivitätsanalyse bezogen auf die VOFI-Rendite erfolgt schrittweise im Verfahren der bereits dargestellten Methodik (Abschnitt: 6.2.2.4) und ist wie folgt detailliert darzustellen (Abschnitt: (d))

d) Durchführung der Sensitivitätsanalyse bezogen auf die VOFI-EK-Rendite für jedes Investitionsobjekt der wirtschaftlichen Untersuchung

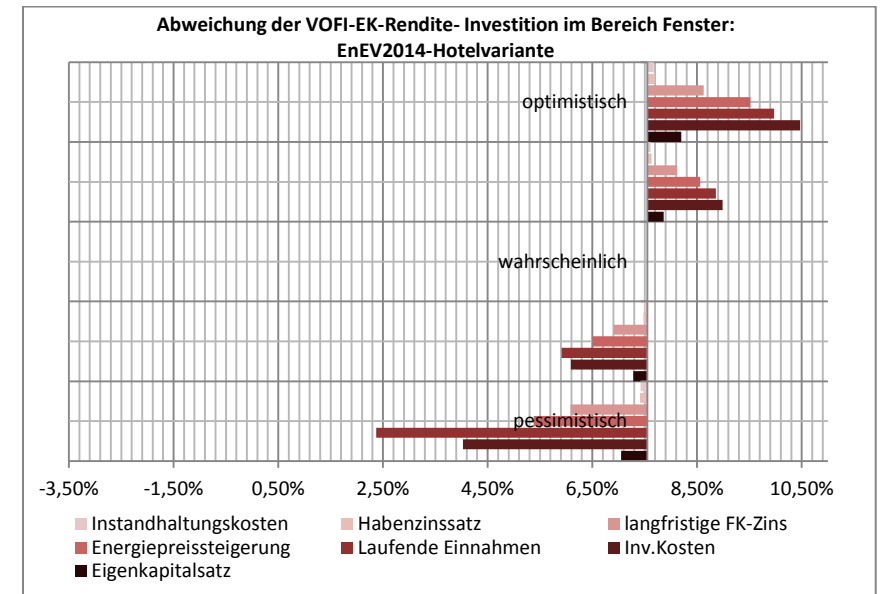
Sensitivitätsanalyse-Gebäudehülle-Fenster: EnEV2007-Hotelvariante

	optimistisch		wahr-scheinlich	pessimistisch	
	2	1		1	2
Eigenkapitalsatz	25,00%	27,50%	30,00%	32,50%	35,00%
EK-Rendite	6,59%	6,48%	6,33%	6,15%	5,97%
Inv.Kosten (+/-10-20%)	210.045,20 €	236.300,85 €	262.556,50 €	288.812,15 €	315.067,80 €
EK-Rendite	9,47%	7,90%	6,33%	4,13%	-0,05%
Einnahmen (+/-10-20%)	22.066,26 €	20.227,40 €	18.388,55 €	16.549,69 €	14.710,84 €
EK-Rendite	8,94%	7,76%	6,33%	3,80%	-3,28%
Energiepreissteigerung	6,79%	5,79%	4,79%	3,79%	2,79%
EK-Rendite	8,46%	7,42%	6,33%	5,13%	3,67%
langfristiger FK-Zins	2,50%	3,50%	4,50%	5,50%	6,50%
EK-Rendite	7,61%	7,02%	6,33%	5,33%	3,67%
Habenzinssatz	2,50%	2,00%	1,50%	1,00%	0,50%
EK-Rendite	6,42%	6,37%	6,33%	6,28%	6,24%
Instandhaltungskosten	0,43%	0,93%	1,43%	1,93%	2,43%
EK-Rendite	6,47%	6,40%	6,33%	6,25%	6,17 %



Sensitivitätsanalyse-Gebäudehülle-Fenster: EnEV2014-Hotelvariante

	optimistisch		wahr-scheinlich	pessimistisch	
	2	1		1	2
Eigenkapitalsatz	25,00%	27,50%	30,00%	32,50%	35,00%
EK-Rendite	8,20%	7,86%	7,55%	7,28%	7,05%
Inv.Kosten (+/-10-20%)	244.609,60 €	275.185,80 €	305.762,00 €	336.338,20 €	366.914,40 €
EK-Rendite	10,47%	8,99%	7,55%	6,09%	4,03%
Einnahmen (+/-10-20%)	27.853,04 €	25.531,96 €	23.210,87 €	20.889,78 €	18.568,70 €
EK-Rendite	9,97%	8,86%	7,55%	5,91%	2,37%
Energiepreissteigerung	6,79%	5,79%	4,79%	3,79%	2,79%
EK-Rendite	9,52%	8,56%	7,55%	6,50%	5,38%
langfristiger FK-Zins	2,50%	3,50%	4,50%	5,50%	6,50%
EK-Rendite	8,63%	8,12%	7,55%	6,91%	6,08%
Habenzinssatz	2,50%	2,00%	1,50%	1,00%	0,50%
EK-Rendite	7,70%	7,63%	7,55%	7,48%	7,41%
Instandhaltungskosten	0,43%	0,93%	1,43%	1,93%	2,43%
EK-Rendite	7,67%	7,61%	7,55%	7,49%	7,42%

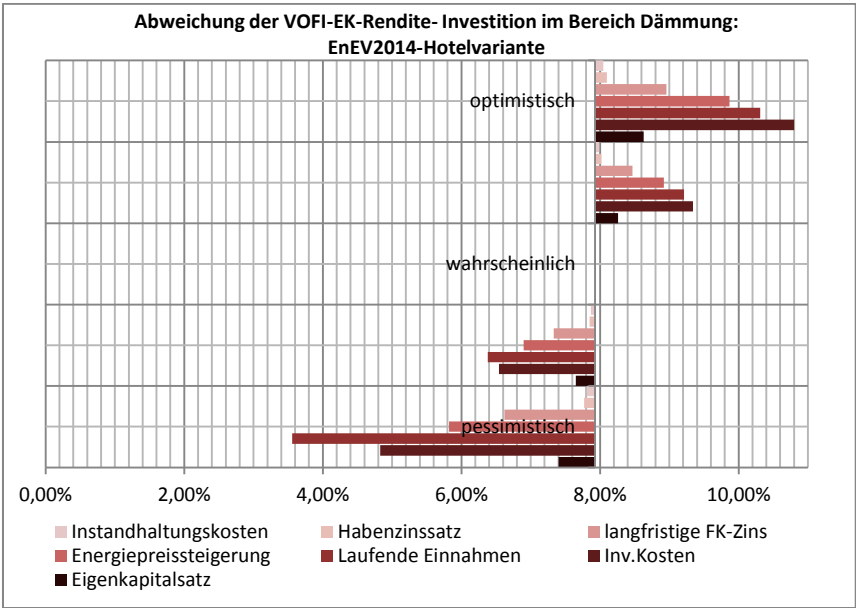
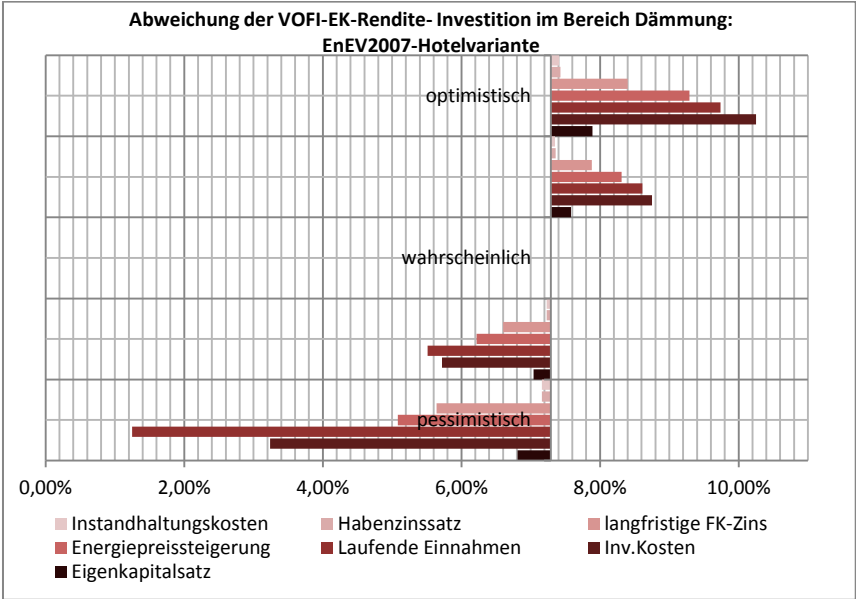


**Sensitivitätsanalyse-Gebäudehülle-Dämmung: EnEV2007-Hotelvariante**

	optimistisch		wahr-scheinlich	pessimistisch	
	2	1		1	2
Eigenkapitalsatz <i>EK-Rendite</i>	25,00%	27,50%	30,00%	32,50%	35,00%
	7,89%	7,58 %	7,29%	7,04%	6,81%
Inv.Kosten (+/-10-20%) <i>EK-Rendite</i>	151.220,58 €	170.123,16 €	189.025,73 €	207.928,30 €	226.830,88 €
	10,25%	8,75%	7,29%	5,72%	3,24%
Einnahmen (+/-10-20%) <i>EK-Rendite</i>	16.909,08 €	15.499,99 €	14.090,90 €	12.681,81 €	11.272,72 €
	9,74%	8,61%	7,29%	5,51%	1,25 %
Energiepreissteigerung <i>EK-Rendite</i>	6,79%	5,79%	4,79%	3,79%	2,79%
	9,29%	8,31%	7,29%	6,22%	5,08%
langfristiger FK-Zins <i>EK-Rendite</i>	2,50%	3,50%	4,50%	5,50%	6,50%
	8,40%	7,88%	7,29%	6,60%	5,64%
Habenzinssatz <i>EK-Rendite</i>	2,50%	2,00%	1,50%	1,00%	0,50%
	7,43%	7,36%	7,29%	7,23%	7,16%
Instandhaltungskosten <i>EK-Rendite</i>	0,43%	0,93%	1,43%	1,93%	2,43%
	7,41%	7,35%	7,29%	7,23%	7,16%

**Sensitivitätsanalyse-Gebäudehülle-Dämmung: EnEV2014-Hotelvariante**

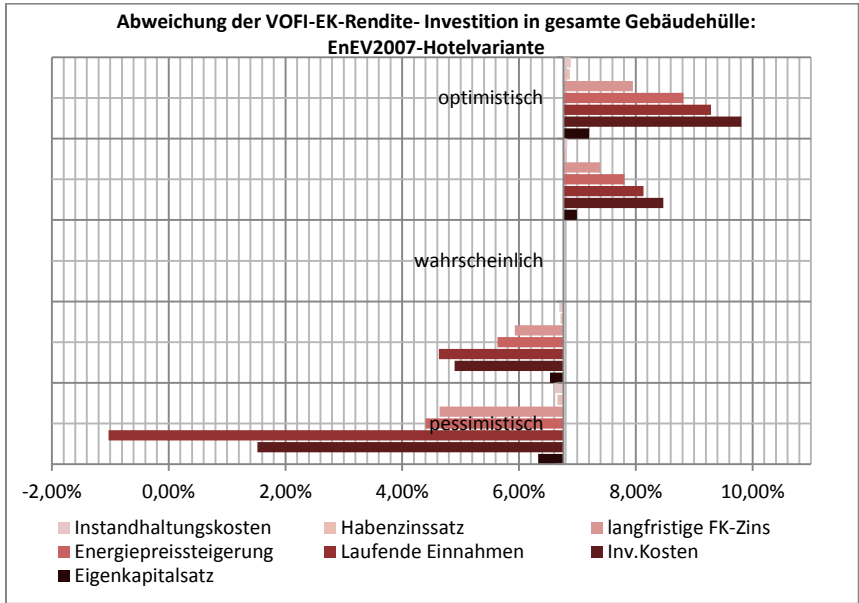
	optimistisch		wahr-scheinlich	pessimistisch	
	2	1		1	2
Eigenkapitalsatz <i>EK-Rendite</i>	25,00%	27,50%	30,00%	32,50%	35,00%
	8,63%	8,26%	7,93%	7,65%	7,40%
Inv.Kosten (+/-10-20%) <i>EK-Rendite</i>	213.649,17 €	240.355,31 €	267.061,46 €	293.767,62 €	320.473,75 €
	10,80%	9,34%	7,93%	6,54%	4,83%
Einnahmen (+/-10-20%) <i>EK-Rendite</i>	24.998,12 €	22.914,95 €	20.831,77 €	18.748,59 €	16.665,42 €
	10,31%	9,21%	7,93%	6,38%	3,56%
Energiepreissteigerung <i>EK-Rendite</i>	6,79%	5,79%	4,79%	3,79%	2,79%
	9,87%	8,92%	7,93%	6,90%	5,82%
langfristiger FK-Zins <i>EK-Rendite</i>	2,50%	3,50%	4,50%	5,50%	6,50%
	8,96%	8,47%	7,93%	7,33%	6,62%
Habenzinssatz <i>EK-Rendite</i>	2,50%	2,00%	1,50%	1,00%	0,50%
	8,10%	8,02%	7,93%	7,85%	7,77%
Instandhaltungskosten <i>EK-Rendite</i>	0,43%	0,93%	1,43%	1,93%	2,43%
	8,05%	7,99%	7,93%	7,87%	7,81%





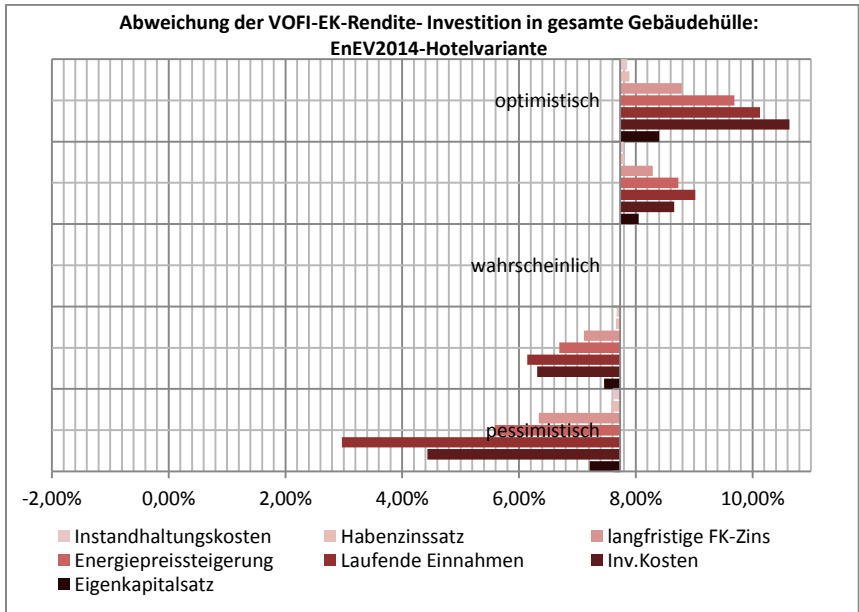
### Sensitivitätsanalyse- gesamte Gebäudehülle: EnEV2007-Hotelvariante

	optimistisch		wahr- scheinlich	pessimistisch	
	2	1		1	2
Eigenkapitalsatz <i>EK-Rendite</i>	25,00%	27,50%	30,00%	32,50%	35,00%
	7,20%	6,99%	6,76%	6,53%	6,33%
Inv.Kosten (+/-10-20%) <i>EK-Rendite</i>	361.265,78 €	406.424,01 €	451.582,23 €	496.740,45 €	541.898,68 €
	9,81%	8,47%	6,76%	4,90%	1,52%
Einnahmen (+/-10-20%) <i>EK-Rendite</i>	38.975,34 €	35.727,39 €	32.479,45 €	29.231,50 €	25.983,56 €
	9,29%	8,13%	6,76%	4,63%	-1,03%
Energiepreissteigerung <i>EK-Rendite</i>	6,79%	5,79%	4,79%	3,79%	2,79%
	8,82%	7,81%	6,76%	5,63%	4,40%
langfristiger FK-Zins <i>EK-Rendite</i>	2,50%	3,50%	4,50%	5,50%	6,50%
	7,95%	7,39%	6,76%	5,93%	4,64%
Habenzinssatz <i>EK-Rendite</i>	2,50%	2,00%	1,50%	1,00%	0,50%
	6,87%	6,81%	6,76%	6,71%	6,66%
Instandhaltungskosten <i>EK-Rendite</i>	0,43%	0,93%	1,43%	1,93%	2,43%
	6,89%	6,83%	6,76%	6,69%	6,61%



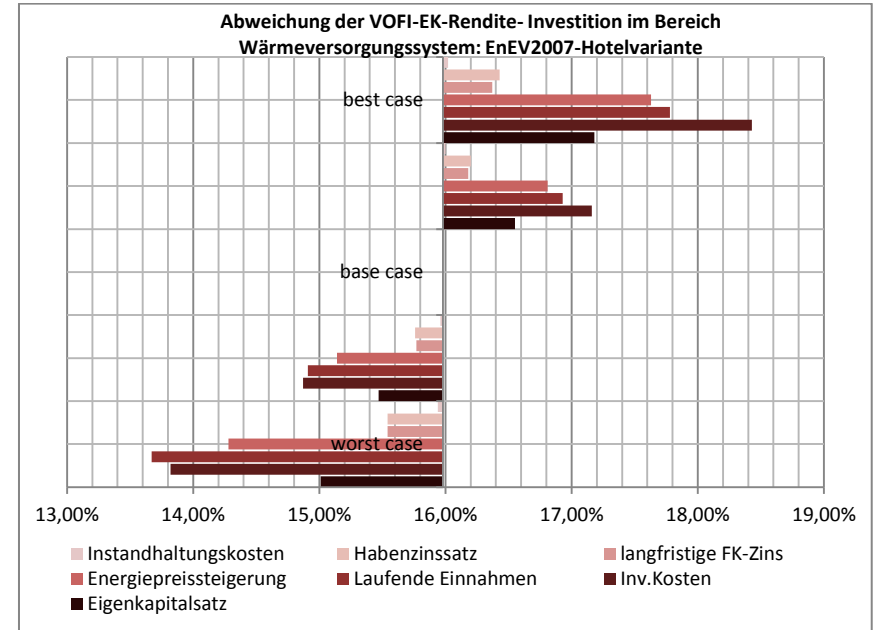
### Sensitivitätsanalyse- gesamte Gebäudehülle: EnEV2014-Hotelvariante

	optimistisch		wahr- scheinlich	pessimistisch	
	2	1		1	2
Eigenkapitalsatz <i>EK-Rendite</i>	25,00%	27,50%	30,00%	32,50%	35,00%
	8,40%	8,05%	7,73%	7,46%	7,21%
Inv.Kosten (+/-10-20%) <i>EK-Rendite</i>	458.258,77 €	515.541,11 €	572.823,46 €	630.105,82 €	687.388,15 €
	10,63%	8,66%	7,73%	6,31%	4,43%
Einnahmen (+/-10-20%) <i>EK-Rendite</i>	52.851,18 €	48.446,91 €	44.042,65 €	39.638,38 €	35.234,12 €
	10,13%	9,02%	7,73%	6,14%	2,97%
Energiepreissteigerung <i>EK-Rendite</i>	6,79%	5,79%	4,79%	3,79%	2,79%
	9,69%	8,73%	7,73%	6,69%	5,59%
langfristiger FK-Zins <i>EK-Rendite</i>	2,50%	3,50%	4,50%	5,50%	6,50%
	8,79%	8,29%	7,73%	7,11%	6,34%
Habenzinssatz <i>EK-Rendite</i>	2,50%	2,00%	1,50%	1,00%	0,50%
	7,89%	7,81%	7,73%	7,66%	7,58%
Instandhaltungskosten <i>EK-Rendite</i>	0,43%	0,93%	1,43%	1,93%	2,43%
	7,85%	7,79%	7,73%	7,67%	7,60%



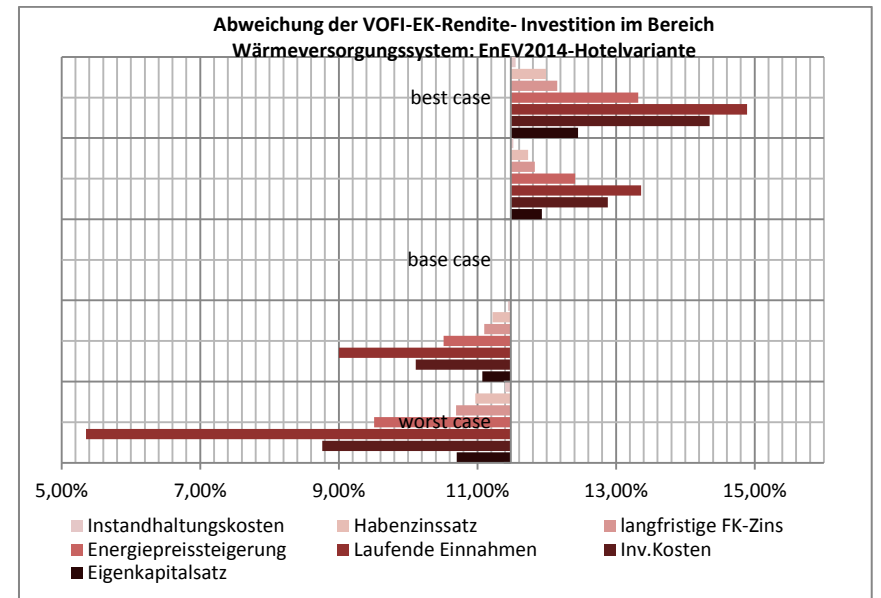
### Sensitivitätsanalyse-Gebäudetechnik-Wärmeversorgungssystem: EnEV2007-Hotelvariante

	optimistisch		wahr-scheinlich	pessimistisch	
	2	1		1	2
Eigenkapitalsatz <i>EK-Rendite</i>	25,00%	27,50%	30,00%	32,50%	35,00%
	17,18%	16,55%	15,98%	15,47%	15,01%
Inv.Kosten (+/-10-20%) <i>EK-Rendite</i>	796.329,00 €	895.870,13 €	995.411,25 €	1.094.952,38 €	1.194.493,50 €
	18,43%	17,16%	15,98%	14,87%	13,82%
Einnahmen (+/-10-20%) <i>EK-Rendite</i>	196.723,69 €	180.330,05 €	163.936,41 €	147.542,77 €	131.149,13 €
	17,78%	16,93%	15,98%	14,91%	13,67%
Energiepreissteigerung <i>EK-Rendite</i>	5,93%	4,93%	3,93%	2,93%	1,93%
	17,63%	16,81%	15,98%	15,14%	14,28%
langfristiger FK-Zins <i>EK-Rendite</i>	2,50%	3,50%	4,50%	5,50%	6,50%
	16,37%	16,18%	15,98%	15,77%	15,54%
Habenzinssatz <i>EK-Rendite</i>	2,50%	2,00%	1,50%	1,00%	0,50%
	16,43%	16,20%	15,98%	15,76%	15,54%
Instandhaltungskosten <i>EK-Rendite</i>	0,43%	0,93%	1,43%	1,93%	2,43%
	16,02%	16,00%	15,98%	15,96%	15,94%



### Sensitivitätsanalyse-Gebäudetechnik-Wärmeversorgungssystem: EnEV2014-Hotelvariante

	optimistisch		wahr-scheinlich	pessimistisch	
	2	1		1	2
Eigenkapitalsatz <i>EK-Rendite</i>	25,00%	27,50%	30,00%	32,50%	35,00%
	12,45%	11,93%	11,48%	11,07%	10,70%
Inv.Kosten (+/-10-20%) <i>EK-Rendite</i>	882.061,96 €	992.319,71 €	1.102.577,45 €	1.212.835,20 €	1.323.092,94 €
	14,35%	12,88%	11,48%	10,11%	8,76%
Einnahmen (+/-10-20%) <i>EK-Rendite</i>	204.292,51 €	187.268,14 €	170.243,76 €	153.219,38 €	136.195,01 €
	14,89%	13,36%	11,48%	9,00%	5,35%
Energiepreissteigerung <i>EK-Rendite</i>	9,44%	8,44%	7,44%	6,44%	5,44%
	13,32%	12,41%	11,48%	10,51%	9,51%
langfristiger FK-Zins <i>EK-Rendite</i>	2,50%	3,50%	4,50%	5,50%	6,50%
	12,15%	11,83%	11,48%	11,10%	10,69%
Habenzinssatz <i>EK-Rendite</i>	2,50%	2,00%	1,50%	1,00%	0,50%
	11,99%	11,73%	11,48%	11,22%	10,97%
Instandhaltungskosten <i>EK-Rendite</i>	0,43%	0,93%	1,43%	1,93%	2,43%
	11,55%	11,52%	11,48%	11,44%	11,40%

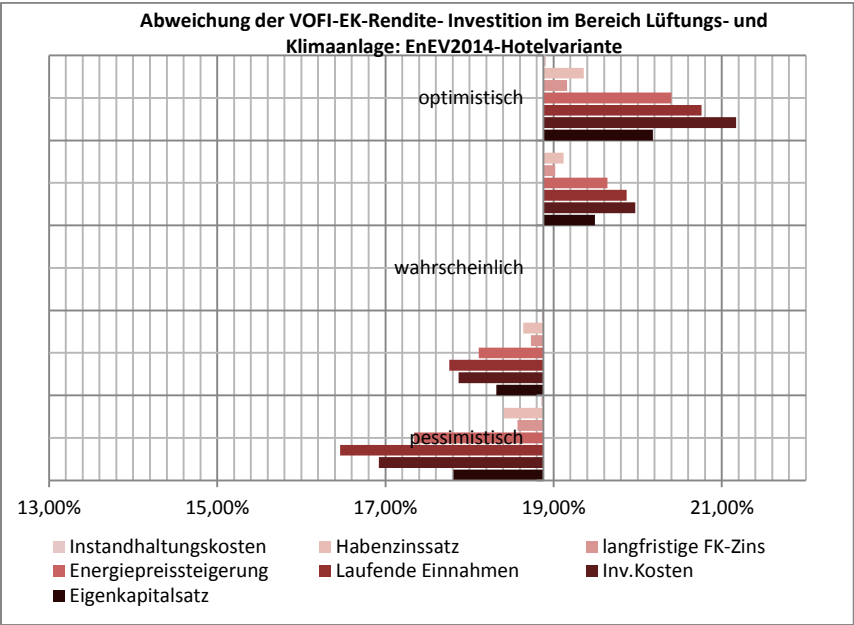
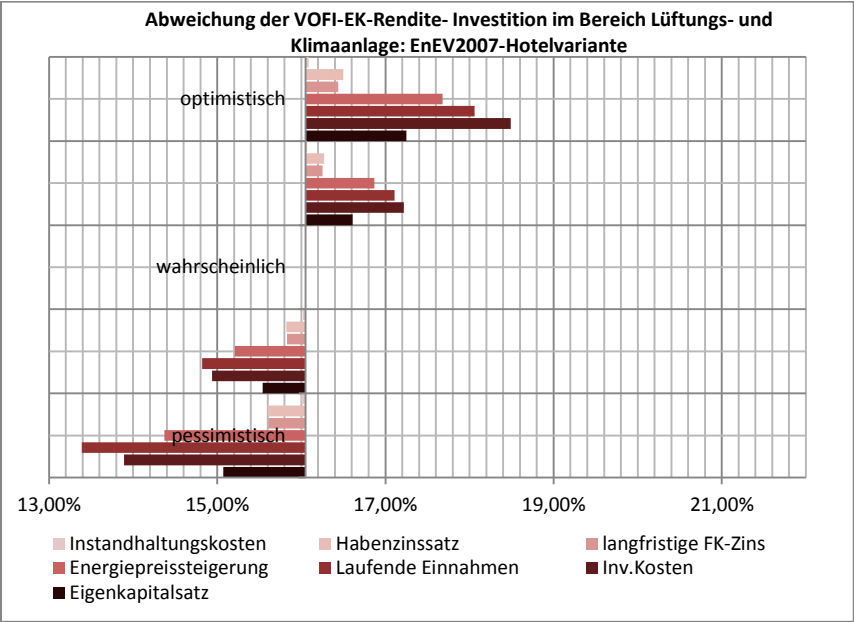


**Sensitivitätsanalyse-Gebäudetechnik-Lüftungs- und Klimaanlage: EnEV2007-Hotelvariante**

	optimistisch				wahr- scheinlich		pessimistisch			
	2		1				1		2	
Eigenkapitalsatz	25,00%		27,50%		30,00%		32,50%		35,00%	
EK-Rendite	17,25%		16,61%		16,05%		15,54%		15,07%	
Inv.Kosten (+/-10-20%)	549.049,10 €		617.680,24 €		686.311,38 €		754.942,51 €		823.573,65 €	
EK-Rendite	18,49%		17,22%		16,05%		14,94%		13,89%	
Einnahmen (+/-10-20%)	142.451,06 €		130.580,14 €		118.709,22 €		106.838,30 €		94.967,38 €	
EK-Rendite	18,06%		17,11%		16,05%		14,82%		13,39%	
Energiepreissteigerung	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom
	6,79%	7,28%	5,79%	6,28%	4,79%	5,28%	3,79%	4,28%	2,79%	3,28%
EK-Rendite	17,68%		16,87%		16,05%		15,21%		14,37%	
langfristiger FK-Zins	2,50%		3,50%		4,50%		5,50%		6,50%	
EK-Rendite	16,44%		16,25%		16,05%		15,83%		15,61%	
Habenzinssatz	2,50%		2,00%		1,50%		1,00%		0,50%	
EK-Rendite	16,50%		16,27%		16,05%		15,82%		15,60%	
Instandhaltungskosten	0,43%		0,93%		1,43%		1,93%		2,43%	
EK-Rendite	16,09%		16,07%		16,05%		16,02%		16,00%	

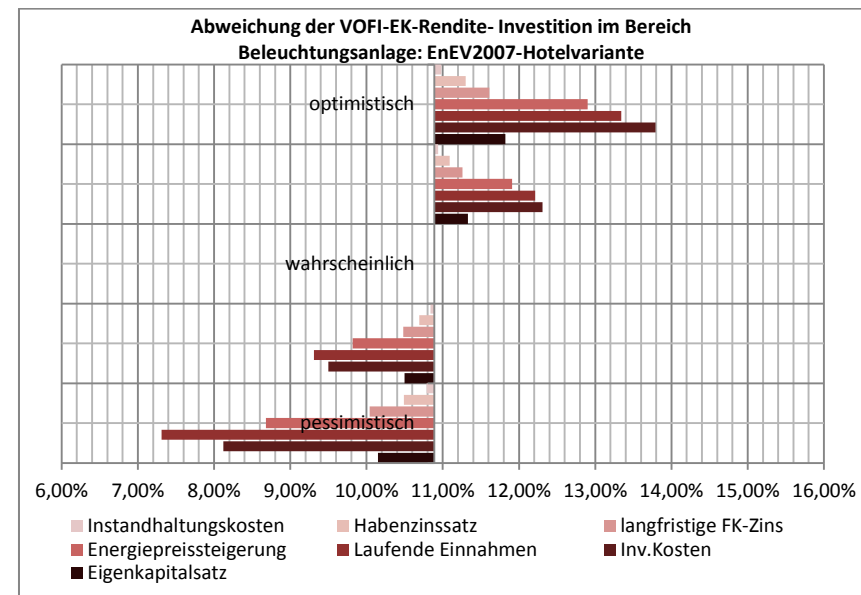
**Sensitivitätsanalyse-Gebäudetechnik-Lüftungs- und Klimaanlage: EnEV2014-Hotelvariante**

	optimistisch				wahr- scheinlich		pessimistisch			
	2		1				1		2	
Eigenkapitalsatz	25,00%		27,50%		30,00%		32,50%		35,00%	
EK-Rendite	20,18%		19,49%		18,88%		18,32%		17,81%	
Inv.Kosten (+/-10-20%)	585.849,10 €		659.080,24 €		732.311,38 €		805.542,51 €		878.773,65 €	
EK-Rendite	21,17%		19,97%		18,88%		17,87%		16,92%	
Einnahmen (+/-10-20%)	196.536,12 €		180.158,11 €		163.780,10 €		147.402,09 €		131.024,08 €	
EK-Rendite	20,76%		19,87%		18,88%		17,76%		16,46%	
Energiepreissteigerung	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom
	6,79%	7,28%	5,79%	6,28%	4,79%	5,28%	3,79%	4,28%	2,79%	3,28%
EK-Rendite	20,40%		19,64%		18,88%		18,11%		17,34%	
langfristiger FK-Zins	2,50%		3,50%		4,50%		5,50%		6,50%	
EK-Rendite	19,16%		19,02%		18,88%		18,73%		18,57%	
Habenzinssatz	2,50%		2,00%		1,50%		1,00%		0,50%	
EK-Rendite	19,36%		19,12%		18,88%		18,64%		18,41%	
Instandhaltungskosten	0,43%		0,93%		1,43%		1,93%		2,43%	
EK-Rendite	18,91%		18,89%		18,88%		18,86%		18,85%	



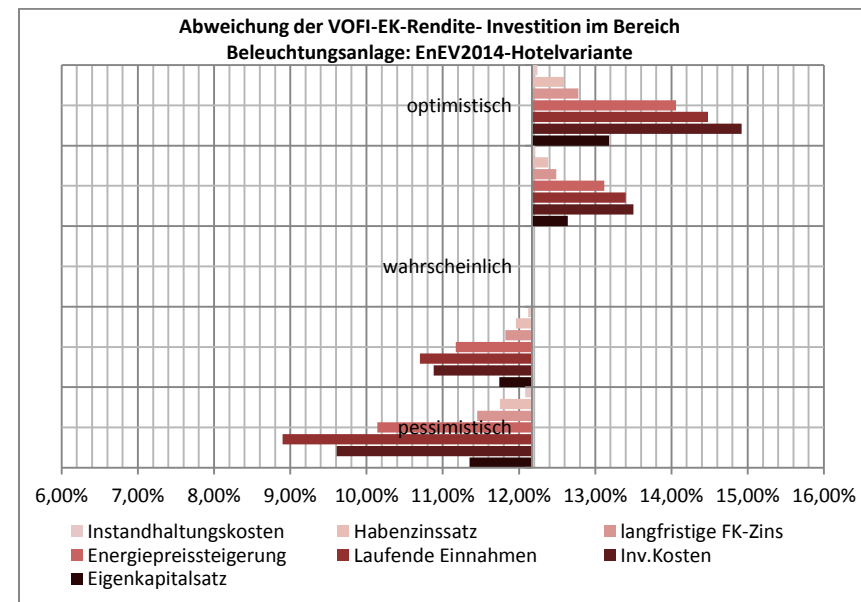
### Sensitivitätsanalyse-Gebäudetechnik-Beleuchtungsanlage: EnEV2007-Hotelvariante

	optimistisch		wahr-scheinlich	pessimistisch	
	2	1		1	2
Eigenkapitalsatz <i>EK-Rendite</i>	25,00%	27,50%	30,00%	32,50%	35,00%
	11,82%	11,33%	10,89%	10,50%	10,15%
Inv.Kosten (+/-10-20%) <i>EK-Rendite</i>	278.263,20 €	313.046,10 €	347.829,00 €	382.611,90 €	417.394,80 €
	13,79%	12,31%	10,89%	9,50%	8,12%
Einnahmen (+/-10-20%) <i>EK-Rendite</i>	47.438,02 €	43.484,85 €	39.531,68 €	35.578,51 €	31.625,34 €
	13,34%	12,21%	10,89%	9,31%	7,31%
Energiepreissteigerung <i>EK-Rendite</i>	7,28%	6,28%	5,28%	4,28%	3,28%
	12,90%	11,91%	10,89%	9,82%	8,68%
langfristiger FK-Zins <i>EK-Rendite</i>	2,50%	3,50%	4,50%	5,50%	6,50%
	11,61%	11,26%	10,89%	10,48%	10,04%
Habenzinssatz <i>EK-Rendite</i>	2,50%	2,00%	1,50%	1,00%	0,50%
	11,30%	11,09%	10,89%	10,69%	10,49%
Instandhaltungskosten <i>EK-Rendite</i>	0,43%	0,93%	1,43%	1,93%	2,43%
	10,98%	10,94%	10,89%	10,84%	10,79%



### Sensitivitätsanalyse-Gebäudetechnik-Beleuchtungsanlage: EnEV2014-Hotelvariante

	optimistisch		wahr-scheinlich	pessimistisch	
	2	1		1	2
Eigenkapitalsatz <i>EK-Rendite</i>	25,00%	27,50%	30,00%	32,50%	35,00%
	13,18%	12,64%	12,17%	11,74%	11,35%
Inv.Kosten (+/-10-20%) <i>EK-Rendite</i>	316.010,80 €	355.512,15 €	395.013,50 €	434.514,85 €	474.016,20 €
	14,92%	13,50%	12,17%	10,88%	9,61%
Einnahmen (+/-10-20%) <i>EK-Rendite</i>	58.904,48 €	53.995,78 €	49.087,07 €	44.178,36 €	39.269,66 €
	14,48%	13,40%	12,17%	10,70%	8,90%
Energiepreissteigerung <i>EK-Rendite</i>	7,28%	6,28%	5,28%	4,28%	3,28%
	14,06%	13,12%	12,17%	11,17%	10,14%
langfristiger FK-Zins <i>EK-Rendite</i>	2,50%	3,50%	4,50%	5,50%	6,50%
	12,78%	12,49%	12,17%	11,82%	11,45%
Habenzinssatz <i>EK-Rendite</i>	2,50%	2,00%	1,50%	1,00%	0,50%
	12,59%	12,38%	12,17%	11,96%	11,75%
Instandhaltungskosten <i>EK-Rendite</i>	0,43%	0,93%	1,43%	1,93%	2,43%
	12,24%	12,21%	12,17%	12,12%	12,08%

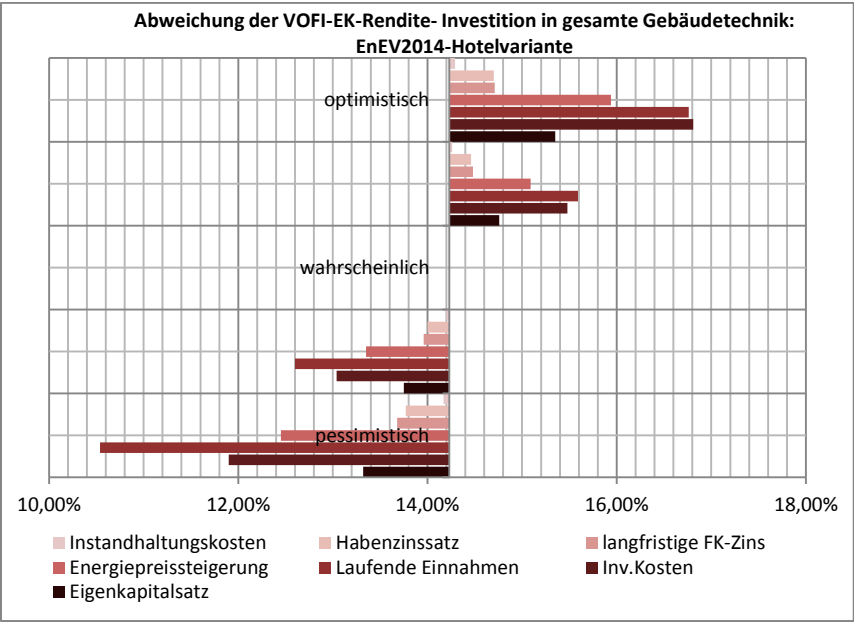
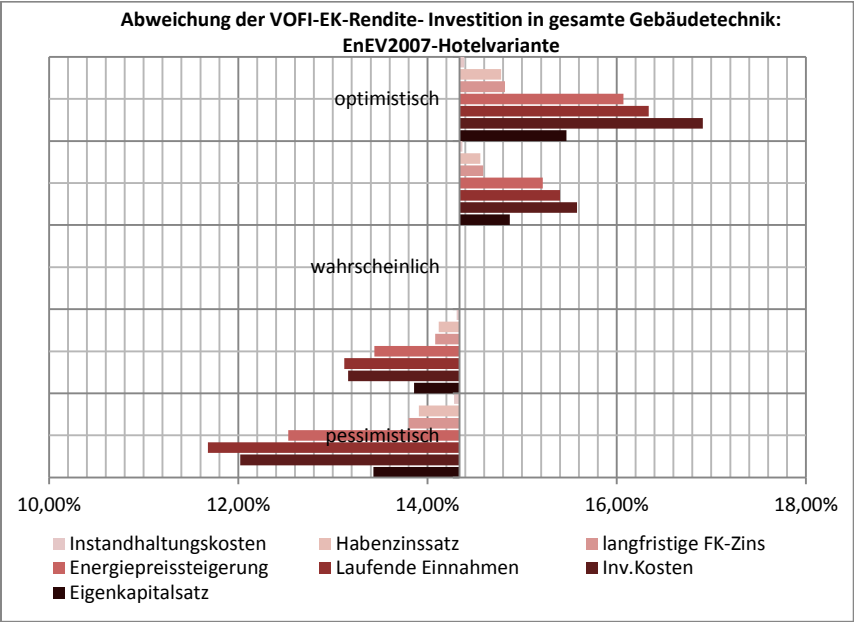


**Sensitivitätsanalyse-gesamte Gebäudetechnik: EnEV2007-Hotelvariante**

	optimistisch				wahr- scheinlich		pessimistisch			
	2		1				1		2	
Eigenkapitalsatz	25,00%		27,50%		30,00%		32,50%		35,00%	
EK-Rendite	15,47%		14,87%		14,34%		13,86%		13,43%	
Inv.Kosten (+/-10-20%)	1.623.641,30 €		1.826.596,46 €		2.029.551,63 €		2.232.506,79 €		2.435.461,95 €	
EK-Rendite	16,91%		15,58%		14,34%		13,16%		12,02%	
Einnahmen (+/-10-20%)	357.716,05 €		327.906,38 €		298.096,71 €		268.287,04 €		238.477,37 €	
EK-Rendite	16,34%		15,40%		14,34%		13,12%		11,68%	
Energiepreissteigerung	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom
	5,93%	7,28%	4,93%	6,28%	3,93%	5,28%	2,93%	4,28%	1,93%	3,28%
EK-Rendite	16,07%		15,22%		14,34%		13,44%		12,53%	
langfristiger FK-Zins	2,50%		3,50%		4,50%		5,50%		6,50%	
EK-Rendite	14,82%		14,59%		14,34%		14,08%		13,80%	
Habenzinssatz	2,50%		2,00%		1,50%		1,00%		0,50%	
EK-Rendite	14,78%		14,56%		14,34%		14,12%		13,91%	
Instandhaltungskosten	0,43%		0,93%		1,43%		1,93%		2,43%	
EK-Rendite	14,39%		14,37%		14,34%		14,31%		14,28%	

**Sensitivitätsanalyse-gesamte Gebäudetechnik: EnEV2014-Hotelvariante**

	optimistisch				wahr- scheinlich		pessimistisch			
	2		1				1		2	
Eigenkapitalsatz <i>EK-Rendite</i>	25,00%		27,50%		30,00%		32,50%		35,00%	
	15,35%		14,76%		14,23%		13,75%		13,32%	
Inv.Kosten (+/-10-20%) <i>EK-Rendite</i>	1.783.921,86 €		2.006.912,09 €		2.229.902,33 €		2.452.892,56 €		2.675.882,79 €	
	16,81%		15,48%		14,23%		13,04%		11,90%	
Einnahmen (+/-10-20%) <i>EK-Rendite</i>	430.391,92 €		394.525,94 €		358.659,94 €		322.793,94 €		286.927,96 €	
	16,76%		15,59%		14,23%		12,60%		10,54%	
Energiepreissteigerung	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom
	9,44%	7,28%	8,44%	6,28%	7,44%	5,28%	6,44%	4,28%	5,44%	3,28%
<i>EK-Rendite</i>	15,94%		15,09%		14,23%		13,35%		12,45%	
langfristiger FK-Zins <i>EK-Rendite</i>	2,50%		3,50%		4,50%		5,50%		6,50%	
	14,71%		14,48%		14,23%		13,96%		13,68%	
Habenzinssatz <i>EK-Rendite</i>	2,50%		2,00%		1,50%		1,00%		0,50%	
	14,70%		14,46%		14,23%		14,00%		13,77%	
Instandhaltungskosten <i>EK-Rendite</i>	0,43%		0,93%		1,43%		1,93%		2,43%	
	14,29%		14,26%		14,23%		14,20%		14,17%	

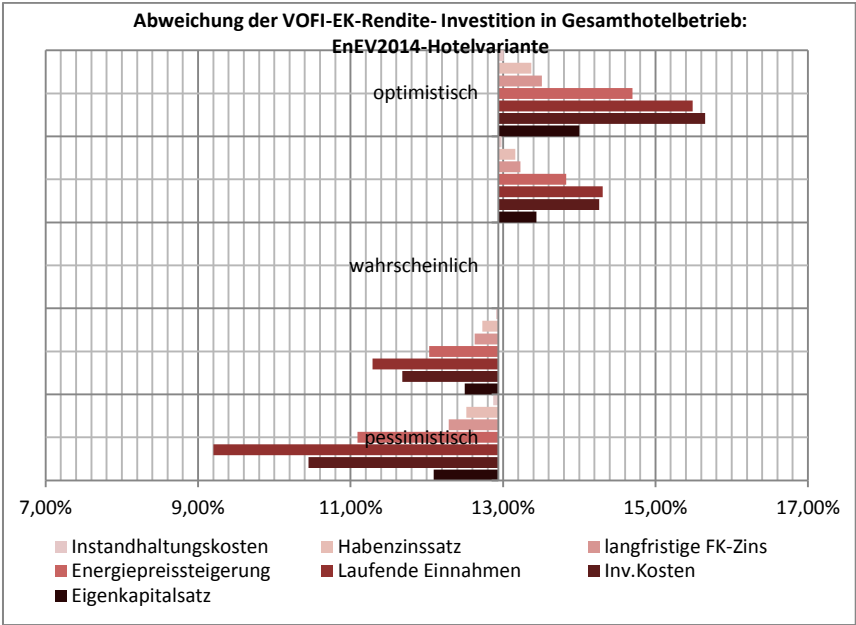
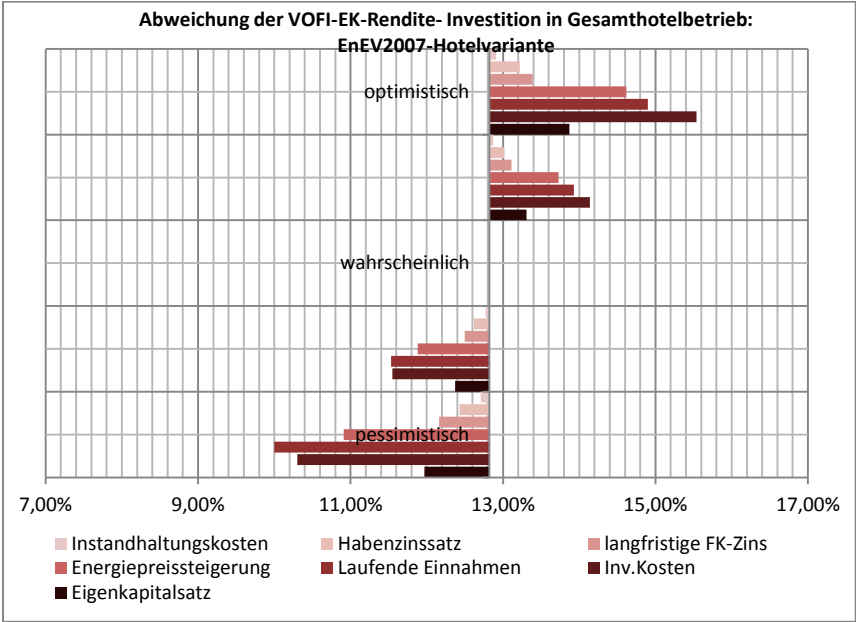


**Sensitivitätsanalyse-Gesamthotelbetrieb: EnEV2007-Hotelvariante**

	optimistisch				wahr- scheinlich		pessimistisch			
	2		1				1		2	
Eigenkapitalsatz	25,00%		27,50%		30,00%		32,50%		35,00%	
EK-Rendite	13,87%		13,31%		12,82%		12,37%		11,97%	
Inv.Kosten (+/-10-20%)	1.984.907,08 €		2.233.020,47 €		2.481.133,86 €		2.729.247,24 €		2.977.360,63 €	
EK-Rendite	15,54%		14,14%		12,82%		11,55%		10,30%	
Einnahmen (+/-10-20%)	380.711,50 €		348.985,54 €		317.259,58 €		285.533,62 €		253.807,66 €	
EK-Rendite	14,90%		13,93%		12,82%		11,53%		10,00%	
Energiepreissteigerung	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom
	5,93%	7,28%	4,93%	6,28%	3,93%	5,28%	2,93%	4,28%	1,93%	3,28%
EK-Rendite	14,62%		13,73%		12,82%		11,88%		10,91%	
langfristiger FK-Zins	2,50%		3,50%		4,50%		5,50%		6,50%	
EK-Rendite	13,39%		13,11%		12,82%		12,50%		12,16%	
Habenzinssatz	2,50%		2,00%		1,50%		1,00%		0,50%	
EK-Rendite	13,22%		13,02%		12,82%		12,62%		12,43%	
Instandhaltungskosten	0,43%		0,93%		1,43%		1,93%		2,43%	
EK-Rendite	12,91%		12,87%		12,82%		12,77%		12,71%	

**Sensitivitätsanalyse- Gesamthotelbetrieb: EnEV2014-Hotelvariante**

	optimistisch				wahr- scheinlich		pessimistisch			
	2		1				1		2	
Eigenkapitalsatz <i>EK-Rendite</i>	25,00%		27,50%		30,00%		32,50%		35,00%	
	14,00%		13,44%		12,94%		12,50%		12,09%	
Inv.Kosten (+/-10-20%) <i>EK-Rendite</i>	2.242.180,63 €		2.522.453,21 €		2.802.725,79 €		3.082.998,37 €		3.363.270,94 €	
	15,65%		14,26%		12,94%		11,68%		10,45%	
Einnahmen (+/-10-20%) <i>EK-Rendite</i>	464.216,68 €		425.531,97 €		386.847,24 €		348.162,51 €		309.477,80 €	
	15,49%		14,31%		12,94%		11,29%		9,20%	
Energiepreissteigerung	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom
	9,44%	7,28%	8,44%	6,28%	7,44%	5,28%	6,44%	4,28%	5,44%	3,28%
<i>EK-Rendite</i>	14,70%		13,83%		12,94%		12,03%		11,09%	
langfristiger FK-Zins <i>EK-Rendite</i>	2,50%		3,50%		4,50%		5,50%		6,50%	
	13,51%		13,23%		12,94%		12,63%		12,29%	
Habenzinssatz <i>EK-Rendite</i>	2,50%		2,00%		1,50%		1,00%		0,50%	
	13,37%		13,16%		12,94%		12,73%		12,52%	
Instandhaltungskosten <i>EK-Rendite</i>	0,43%		0,93%		1,43%		1,93%		2,43%	
	13,01%		12,98%		12,94%		12,91%		12,87%	



### 6.2.2.6. Bestimmung der einflussreichsten Inputgrößen auf die VOFI-Rendite

#### a) Methode

Die Methode zur Ermittlung der einflussreichsten Inputgrößen auf die VOFI-Rendite wird anhand einer Stichprobe der durchgeführten Sensitivitätsanalyse präsentiert und erörtert. Die Stichprobe bezieht sich auf die Sensitivitätsanalyse der Investition im Bereich Lüftungs- und Klimaanlage der Hotels (Tab.78, 79).

Sensitivitätsanalyse für die VOFI-EK-Rendite der Investition im Bereiche der Lüftungs- und Klimaanlage: EnEV2007-Hotelvariante										
	optimistisch				wahr-scheinlich		pessimistisch			
	2		1				1		2	
Eigenkapitalsatz	25,00%		27,50%		30,00%		32,50%		35,00%	
EK-Rendite	17,25%		16,61%		16,05%		15,54%		15,07%	
Inv.Kosten (+/-10-20%)	549.049,10 €		617.680,24 €		686.311,38 €		754.942,51 €		823.573,65 €	
EK-Rendite	18,49%		17,22%		16,05%		14,94%		13,89%	
Einnahmen (+/-10-20%)	142.451,06 €		130.580,14 €		118.709,22 €		106.838,30 €		94.967,38 €	
EK-Rendite	18,06%		17,11%		16,05%		14,82%		13,39%	
Energiepreissteigerung	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom
	6,79%	7,28%	5,79%	6,28%	4,79%	5,28%	3,79%	4,28%	2,79%	3,28%
EK-Rendite	17,68%		16,87%		16,05%		15,21%		14,37%	
langfristige FK-Zins	2,50%		3,50%		4,50%		5,50%		6,50%	
EK-Rendite	16,44%		16,25%		16,05%		15,83%		15,61%	
Habenzinssatz	2,50%		2,00%		1,50%		1,00%		0,50%	
EK-Rendite	16,50%		16,27%		16,05%		15,82%		15,60%	
Instandhaltungskosten	0,43%		0,93%		1,43%		1,93%		2,43%	
EK-Rendite	16,09%		16,07%		16,05%		16,02%		16,00%	

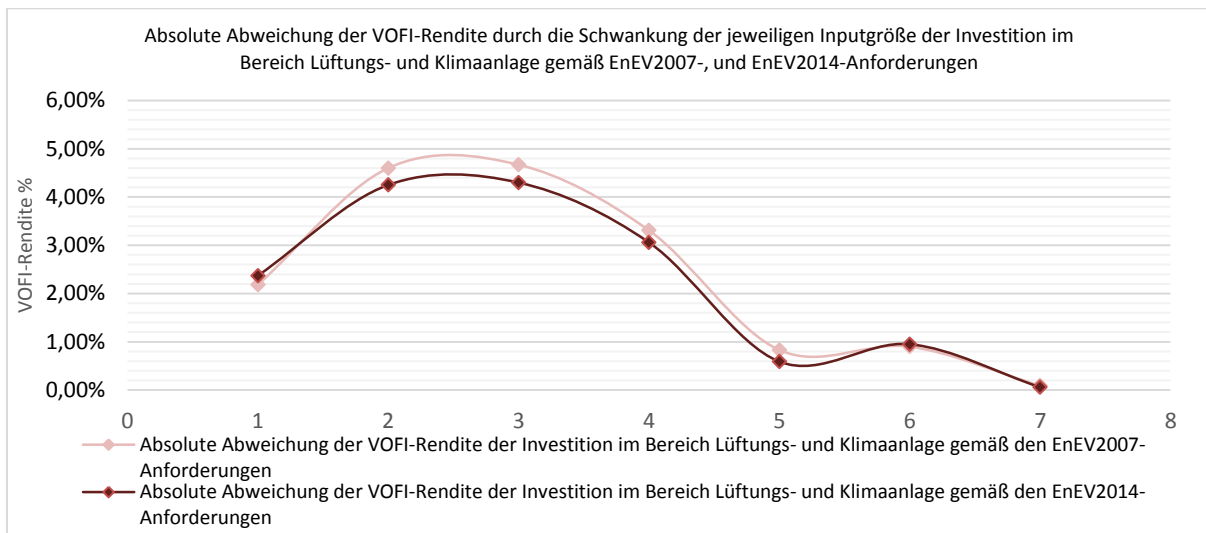
Tabelle 78: Sensitivitätsanalyse der VOFI-EK-Rendite-Investition-Lüftungs- und Klimaanlage: EnEV2007-Hotelvariante

Sensitivitätsanalyse für die VOFI-EK-Rendite der Investition im Bereiche der Lüftungs- und Klimaanlage: EnEV2014-Hotelvariante										
	optimistisch				wahr-scheinlich		pessimistisch			
	2		1				1		2	
Eigenkapitalsatz EK-Rendite	25,00%		27,50%		30,00%		32,50%		35,00%	
	20,18%		19,49%		18,88%		18,32%		17,81%	
Inv.Kosten (+/-10-20%) EK-Rendite	585.849,10 €		659.080,24 €		732.311,38 €		805.542,51 €		878.773,65 €	
	21,17%		19,97%		18,88%		17,87%		16,92%	
Einnahmen (+/-10-20%) EK-Rendite	196.536,12 €		180.158,11 €		163.780,10 €		147.402,09 €		131.024,08 €	
	20,76%		19,87%		18,88%		17,76%		16,46%	
Energiepreissteigerung EK-Rendite	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom
	6,79%	7,28%	5,79%	6,28%	4,79%	5,28%	3,79%	4,28%	2,79%	3,28%
	20,40%		19,64%		18,88%		18,11%		17,34%	
langfristige FK-Zins EK-Rendite	2,50%		3,50%		4,50%		5,50%		6,50%	
	19,16%		19,02%		18,88%		18,73%		18,57%	
Habenzinssatz EK-Rendite	2,50%		2,00%		1,50%		1,00%		0,50%	
	19,36%		19,12%		18,88%		18,64%		18,41%	
Instandhaltungskosten EK-Rendite	0,43%		0,93%		1,43%		1,93%		2,43%	
	18,91%		18,89%		18,88%		18,86%		18,85%	

Tabelle 79: Sensitivitätsanalyse der VOFI-EK-Rendite-Investition-Lüftungs- und Klimaanlage: EnEV2014-Hotelvariante

Zur Bestimmung der einflussreichsten Inputgrößen auf die VOFI-Rendite ist zunächst die maximale und minimale Abweichung der VOFI-Rendite bei der Schwankung jeweiliger Inputgröße zu ermitteln. Anhand der maximalen und minimalen Abweichung der VOFI-Rendite wird dann die absolute Abweichung der VOFI-Rendite identifiziert, welche wiederum zur

Ermittlung des Einflusses der Schwankung jeweiliger Inputgröße auf die VOFI-Rendite heran gezogen wird. Im vorliegenden Beispiel lässt sich die absolute Abweichung der VOFI-Rendite für die Schwankung jeweiliger Inputgröße wie folgt berechnen (Tab.80, 81). Dabei stellt sich diejenige Inputgröße, die durch ihre Schwankung zur größten absoluten Abweichung der VOFI-Rendite führt, als die einflussreichste Inputgröße auf die Rendite dar.



**Abweichung der VOFI-Rendite der Investition im Bereich Lüftungs- und Klimaanlage gemäß den EnEV2007-Anforderungen durch die Schwankung der jeweiligen Inputgröße**

Die Inputgrößen	Maximale und minimale Abweichung der VOFI-Rendite		Absolute Abweichung der VOFI-Rendite
	optimistisch	pessimistisch	
1- Eigenkapitalsatz (25-35%)	17,25%	15,07%	2,18%
2- Inv. Koste (±20%)	18,49%	13,89%	4,60%
3- Einnahmen (±20%)	18,06%	13,39%	4,67%
4- Energiepreissteigerungsindex (±2%)	17,68%	14,37%	3,31%
5- langfristiger FK-Zins (±2%)	16,44%	15,61%	0,83%
6- Habenzinssatz (±1%)	16,50%	15,60%	0,90%
7- Instandhaltungskosten (±1%)	16,09%	16,00%	0,09%

Tabelle 80: Abweichung der VOFI-Rendite der Investition im Bereich Lüftungs- und Klimaanlage gemäß den EnEV2007-Anforderungen durch die Schwankung der jeweiligen Inputgröße

**Abweichung der VOFI-Rendite der Investition im Bereich Lüftungs- und Klimaanlage gemäß den EnEV2014-Anforderungen durch die Schwankung der jeweiligen Inputgröße**

Die Inputgrößen	Maximale und minimale Abweichung der VOFI-Rendite		Absolute Abweichung der VOFI-Rendite
	optimistisch	pessimistisch	
1- Eigenkapitalsatz (25-35%)	20,18%	17,81%	2,37%
2- Inv. Koste (±20%)	21,17%	16,92%	4,25%
3- Einnahmen (±20%)	20,76%	16,46%	4,30%
4- Energiepreissteigerungsindex (±2%)	20,40%	17,34%	3,06%
5- langfristiger FK-Zins (±2%)	19,16%	18,57%	0,59%
6- Habenzinssatz (±1%)	19,36%	18,41%	0,95%
7- Instandhaltungskosten (±1%)	18,91%	18,85%	0,06%

Tabelle 81: Abweichung der VOFI-Rendite der Investition im Bereich Lüftungs- und Klimaanlage gemäß den EnEV2014-Anforderungen durch die Schwankung der jeweiligen Inputgröße

Dieser Prozess wird für jedes Investitionsobjekt der wirtschaftlichen Untersuchung durchgeführt, um daraus die einflussreichsten Inputgrößen auf die VOFI-Rendite in Hinsicht auf alle Investitionsobjekte zu ermitteln (Abb.100) (Tab.82) und (Abb.101) (Tab.83).



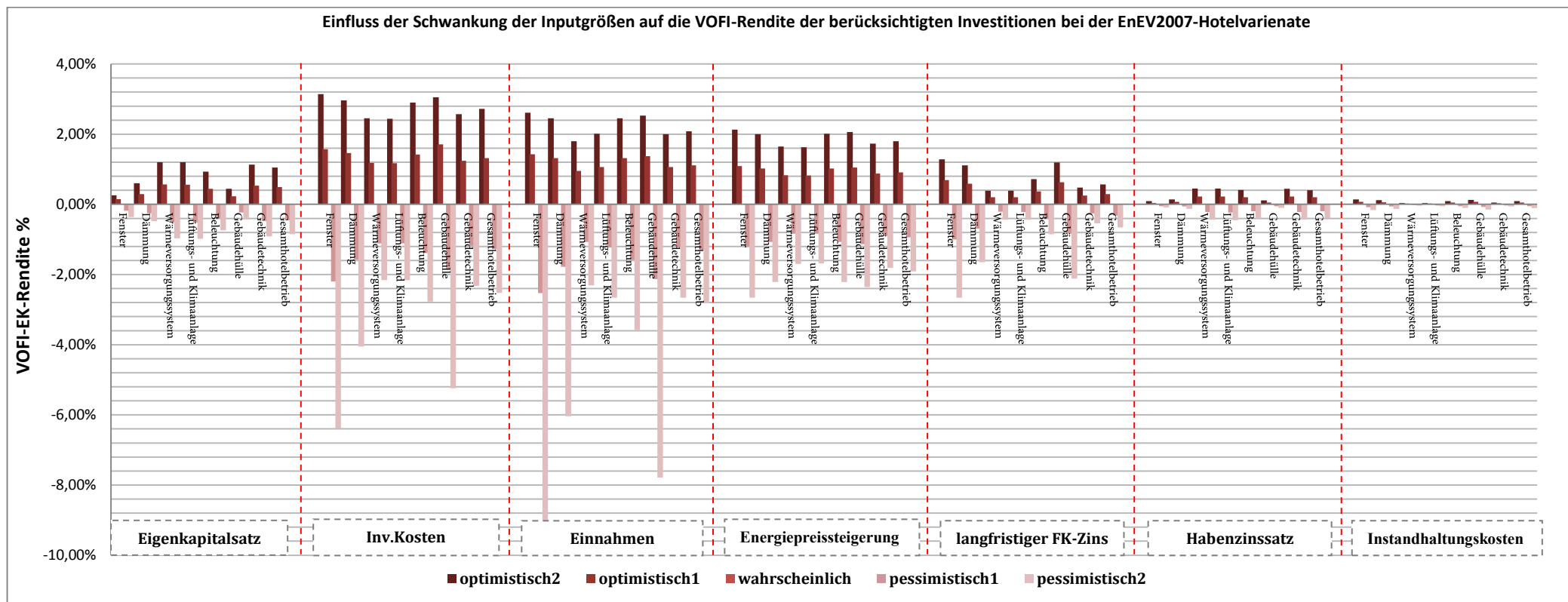


Abbildung 100: Einfluss der Schwankung der Inputgrößen auf die VOFI-Rendite der berücksichtigten Investitionen bei der EnEV2007-Hotelvariante

Die Absolute Abweichung der VOFI-Rendite der Investitionen bei der EnEV2007-Hotelvariante							
Investitionsobjekt	Eigenkapitalsatz	Inv. Kosten	Laufende Einnahmen	Energiepreissteigerungsindex	langfristiger FK-Zins	Habenzinssatz	Instandhaltungskosten
Fenster	0,62%	9,52%	12,22%	4,79%	3,94%	0,18%	0,30%
Dämmung	1,08%	7,01%	8,49%	4,21%	2,76%	0,27%	0,25%
Wärmeversorgungssystem	2,17%	4,61%	4,11%	3,35%	0,83%	0,89%	0,08%
Lüftungs- und Klimaanlage	2,18%	4,60%	4,67%	3,31%	0,83%	0,90%	0,09%
Beleuchtung	1,67%	5,67%	6,03%	4,22%	1,57%	0,81%	0,19%
Gebäudehülle	0,87%	8,29%	10,32%	4,42%	3,31%	0,21%	0,28%
Gebäudetechnik	2,04%	4,89%	4,66%	3,54%	1,02%	0,87%	0,11%
Gesamthotelbetrieb	1,90%	5,24%	4,90%	3,71%	1,23%	0,79%	0,20%
Durchschnittliche Abweichung	1,57%	6,23%	6,93%	3,94%	1,94%	0,62%	0,19%

Tabelle 82: Die Absolute Abweichung der VOFI-Rendite der Investitionen bei der EnEV2007-Hotelvariante

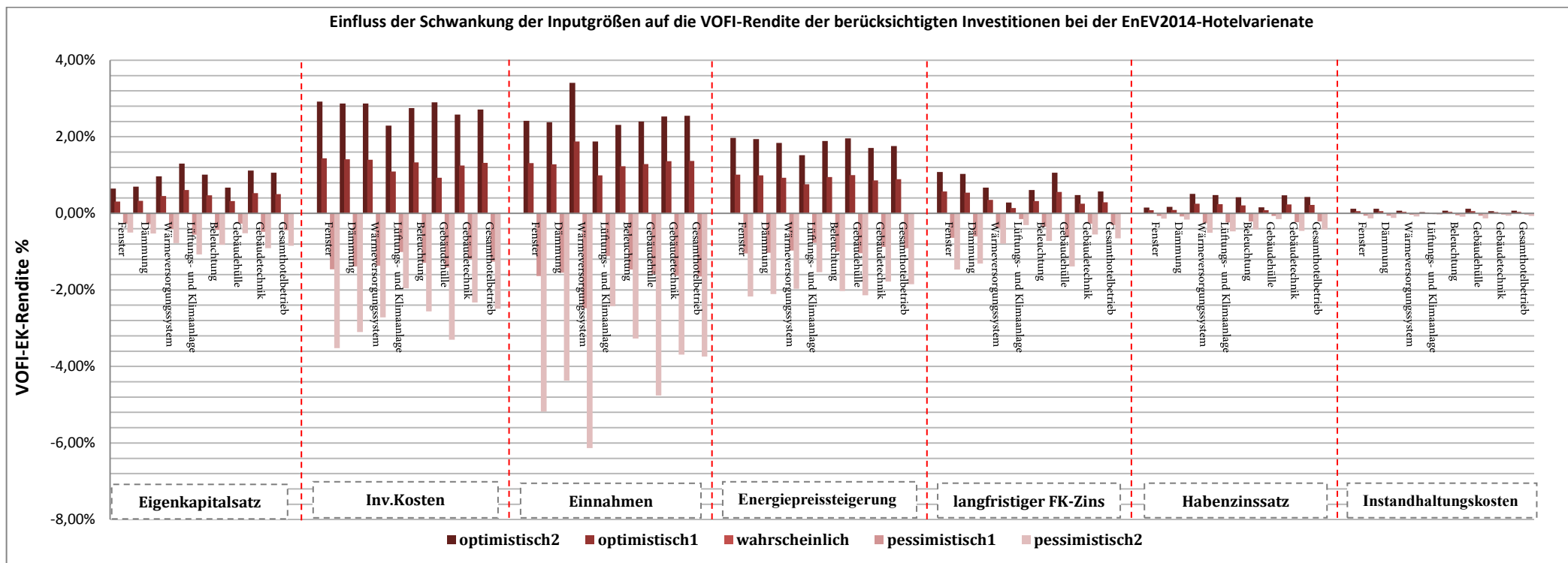


Abbildung 101: Einfluss der Schwankung der Inputgrößen auf die VOFI-Rendite der berücksichtigten Investitionen bei der EnEV2014-Hotelvariante

Die Absolute Abweichung der VOFI-Rendite der Investitionen bei der EnEV2014-Hotelvariante							
Investitionsobjekt	Eigenkapitalsatz	Inv. Kosten	Laufende Einnahmen	Energiepreissteigerungsindex	langfristiger FK-Zins	Habenzinssatz	Instandhaltungskosten
Fenster	1,15%	6,44%	7,60%	4,14%	2,55%	0,29%	0,25%
Dämmung	1,23%	5,97%	6,75%	4,05%	2,34%	0,33%	0,24%
Wärmeversorgungssystem	1,75%	5,59%	9,54%	3,81%	1,46%	1,02%	0,15%
Lüftungs- und Klimaanlage	2,37%	4,25%	4,30%	3,06%	0,59%	0,95%	0,06%
Beleuchtung	1,83%	5,31%	5,58%	3,92%	1,33%	0,84%	0,16%
Gebäudehülle	1,19%	6,20%	7,16%	4,10%	2,45%	0,31%	0,25%
Gebäudetechnik	2,03%	4,91%	6,22%	3,49%	1,03%	0,93%	0,12%
Gesamthotelbetrieb	1,91%	5,20%	6,29%	3,61%	1,22%	0,85%	0,14%
<b>Durchschnittliche Abweichung</b>	<b>1,68%</b>	<b>5,48%</b>	<b>6,68%</b>	<b>3,77%</b>	<b>1,62%</b>	<b>0,69%</b>	<b>0,17%</b>

Tabelle 83: Die Absolute Abweichung der VOFI-Rendite der Investitionen bei der EnEV2014-Hotelvariante

## ***b) Interpretation der Ergebnisse***

### **➤ *EnEV2007-Hotelvariante***

Im Rahmen der Investitionen in Hotels auf Grundlagen der EnEV2007-Anforderungen deuten die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse darauf hin, dass die Schwankungen der Inputgrößen die VOFI-Rendite unterschiedlich stark beeinflussen. Dabei wird deutlich, dass die Schwankung der Inputgrößen (Investitionskosten und laufende Einnahmen) den maßgeblicheren Einfluss auf die Abweichung der VOFI-Rendite gegenüber den restlichen Inputgrößen (aller betrachteten Investitionsobjekte) besitzen (Abb.100). Die Schwankung der laufenden Einnahmen kann zu einer absoluten Abweichung der VOFI-Rendite in Höhe von 4,11% bis 12,22% (je nach Investitionsobjekt (Tab.82)) führen. Dabei beträgt die durchschnittliche absolute Abweichung der VOFI-Rendite 6,93%. Eine ähnliche Aussage lässt sich auf die Investitionskosten treffen, jedoch mit relativ geringerem Einfluss auf die VOFI-Rendite. Dabei liegt die absolute Abweichung der VOFI-Rendite bei einer Höhe von 4,60% bis 9,52% (je nach Investitionsobjekt (Tab.82)). Die durchschnittliche absolute Abweichung der VOFI-Rendite beträgt dabei 6,23%. Zusätzlich stellt sich die Inputgröße (Energiepreissteigerungsindex) als mittelmäßiger Einflussfaktor auf die VOFI-Rendite dar und beeinflusst deren Abweichung bis zu einer absoluten Abweichung der VOFI-Rendite in Höhe von 3,31% bis 4,79% (je nach Investitionsobjekt (Tab.82)) mit einer durchschnittlichen absoluten Abweichung von 3,94%. Die restlichen Inputgrößen (Eigenkapitalsatz, langfristiger FK-Zins, Habenzinssatz und Instandhaltungskosten) weisen in ihren Schwankungen lediglich einen geringeren Einfluss auf die Abweichung der VOFI-Rendite auf und sind anhand der Tabelle (Tab.82) zu ermitteln.

### **➤ *EnEV2014-Hotelvariante***

Die Sensitivitätsanalyse der Investitionen auf Grundlagen der EnEV2014-Anforderungen lässt weiterführend darauf schließen, dass die Investitionskosten und die laufenden Einnahmen ebenso zwei der größten Einflussfaktoren auf die Abweichung der VOFI-Rendite verkörpern (Abb.101) (Tab.83). An dritter Stelle kommt der Energiepreissteigerungsindex. Die Inputgrößen Eigenkapitalsatz, langfristiger FK-Zins, Habenzinssatz und Instandhaltungskosten üben einen niedrigen Einfluss auf die Abweichung der VOFI-Rendite aus (Tab.83).

### **➤ *Schlussfolgerung***

*Somit ist festzustellen, dass die Inputgrößen (laufende Einnahmen und Investitionskosten) die maßgeblichen Einflussfaktoren auf die VOFI-Rendite der Investitionen in Hotels auf Grundlagen der EnEV2007-, und EnEV2014-Anforderungen symbolisieren und sind dadurch im Rahmen der Investitionsentscheidung besondere Beachtung finden.*

## ***II. Sensitivitätsanalyse bezogen auf den Amortisationszeitraum***

### ***a) Zielsetzung***

Das Ziel der Sensitivitätsanalyse in Hinsicht auf den Amortisationszeitraum besteht darin die Auswirkung der Schwankung der einzelnen Inputgrößen auf den Amortisationszeitraum der Investitionen in Hotels aufzuzeigen und somit die einflussreichsten Inputgrößen auf den Amortisationszeitraum zu ermitteln.

### ***b) Bedeutung der Analyse in Hinsicht auf die Übertragbarkeit der Ergebnisse***

Die Sensitivitätsanalyse bezogen auf den Amortisationszeitraum gibt Auskunft über die mögliche Abweichung des Amortisationszeitraumes einer Investition durch die Schwankung der Inputgrößen „*optimistisch, wahrscheinlich und pessimistisch*“. Die Bedeutung der Analyse liegt also daran, dass sie ermöglicht, das Ergebnis der Investitionsrechnung in Hinsicht auf den Amortisationszeitraum der Investition für mehrere Schwankungsszenarien der Inputgrößen und somit für mehrere Investitionsszenarien übertragen zu können. Die berücksichtigten Schwankungsszenarien der Inputgrößen umfassen dabei:

- Eigenkapital (25%-35%)
- Investitionskosten ( $\pm 20\%$ )
- laufende Einnahmen ( $\pm 20\%$ )
- Energiepreissteigerungsindex ( $\pm 2\%$ )
- langfristiger FK-Zins ( $\pm 2\%$ )
- Habenzinssatz ( $\pm 1\%$ )
- Instandhaltungskosten ( $\pm 1\%$ )

Die Analyse hilft den Hoteliers und Hotelbetreibern weiterhin dabei, einen Überblick über Zahlen und Indikatoren in Bezug auf die mögliche Abweichung des Amortisationszeitraumes der Investition im Fall der Schwankung der betrachteten Inputgrößen zu verschaffen (Abschnitt: (d)).

### ***c) Durchführung***

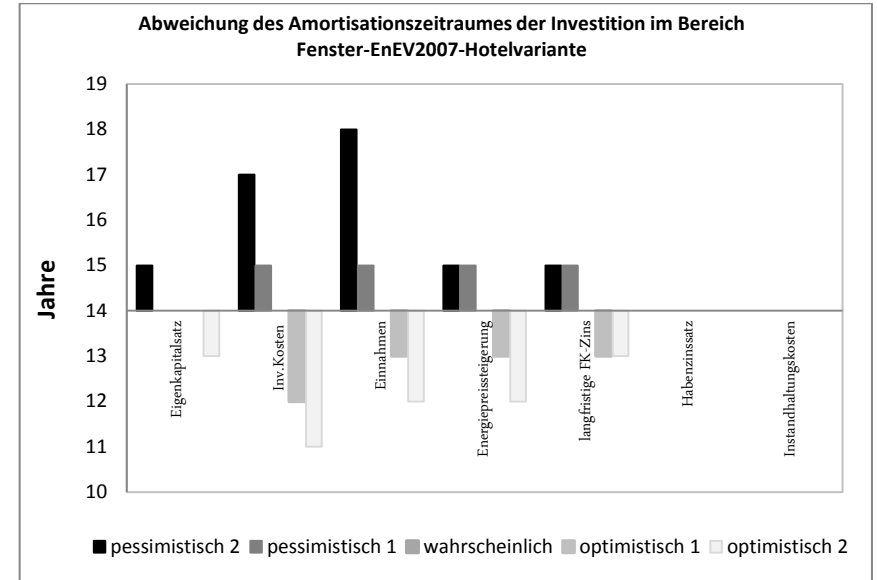
Die Durchführung der Analyse erfolgt auf die gleiche Weise wie bei der Sensitivitätsanalyse bezogen auf die VOFI-Rendite. Dabei stellt sich die Ermittlung der Werte der Inputgrößen und des Amortisationszeitraumes der Investition für das Szenario „*wahrscheinlich*“ als ersten Schritt der Analyse dar, welche von (Abschnitt: 6.2.2.1-I) und (Abschnitt: 5.2) abzuleiten sind. Für die Szenarien „*optimistisch und pessimistisch*“ wird dann der Amortisationszeitraum der Investition anhand des jeweiligen Schwankungsszenarios der Inputgröße bestimmt. Der Einfluss der Schwankung der jeweiligen Inputgröße auf den Amortisationszeitraum der Investition wird schließlich mittels eines Balkendiagramms grafisch dargestellt.

Die Sensitivitätsanalyse bezogen auf den Amortisationszeitraum wird weiterführend auf Grundlagen der bereits dargestellten Methodik (Abschnitt: 6.2.2.4) durchgeführt und ist detailliert wie folgt darzustellen (Abschnitt: (d)).

**d) Durchführung der Sensitivitätsanalyse bezogen auf den Amortisationszeitraum für jedes Investitionsobjekt der vorliegenden wirtschaftlichen Untersuchung**

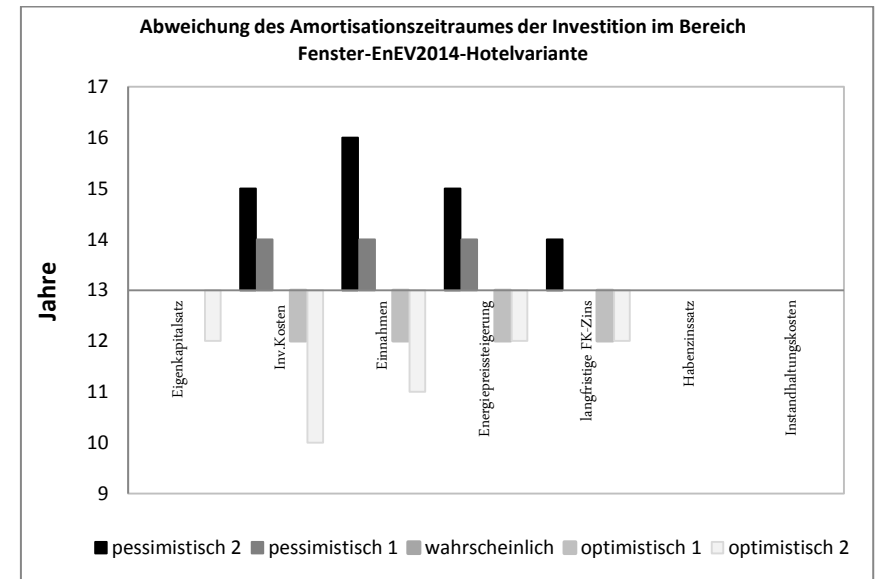
**Sensitivitätsanalyse der Investition im Bereich Fenster-EnEV2007-Hotelvariante**

	optimistisch		wahr-scheinlich	pessimistisch	
	2	1		1	2
Eigenkapitalsatz	35,00%	32,50%	30,00%	27,50%	25,00%
Amortisationszeitraum	13 Jahre	14 Jahre	14 Jahre	14 Jahre	15 Jahre
Inv.Kosten (+/-10-20%)	210.045,20 €	236.300,85 €	262.556,50 €	288.812,15 €	315.067,80 €
Amortisationszeitraum	11 Jahre	12 Jahre	14 Jahre	15 Jahre	17 Jahre
Einnahmen (+/-10-20%)	22.066,26 €	20.227,40 €	18.388,55 €	16.549,69 €	14.710,84 €
Amortisationszeitraum	12 Jahre	13 Jahre	14 Jahre	15 Jahre	18 Jahre
Energiepreissteigerung	6,79%	5,79%	4,79%	3,79%	2,79%
Amortisationszeitraum	12 Jahre	13 Jahre	14 Jahre	15 Jahre	15 Jahre
langfristiger FK-Zins	2,50%	3,50%	4,50%	5,50%	6,50%
Amortisationszeitraum	13 Jahre	13 Jahre	14 Jahre	15 Jahre	15 Jahre
Habenzinssatz	2,50%	2,00%	1,50%	1,00%	0,50%
Amortisationszeitraum	14 Jahre	14 Jahre	14 Jahre	14 Jahre	14 Jahre
Instandhaltungskosten	0,43%	0,93%	1,43%	1,93%	2,43%
Amortisationszeitraum	14 Jahre	14 Jahre	14 Jahre	14 Jahre	14 Jahre



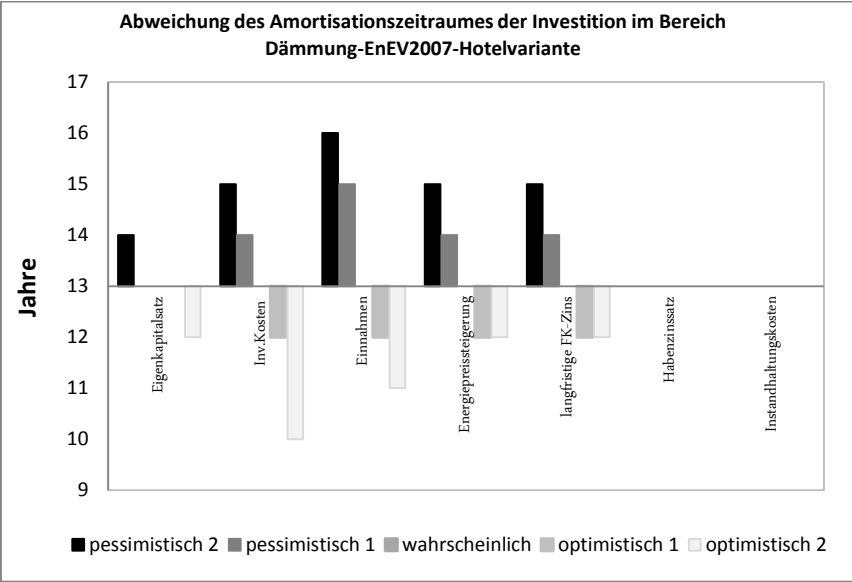
**Sensitivitätsanalyse der Investition im Bereich Fenster-EnEV2014-Hotelvariante**

	optimistisch		wahr-scheinlich	pessimistisch	
	2	1		1	2
Eigenkapitalsatz	35,00%	32,50%	30,00%	27,50%	25,00%
Amortisationszeitraum	12 Jahre	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre
Inv.Kosten (+/-10-20%)	244.609,60 €	275.185,80 €	305.762,00 €	336.338,20 €	366.914,40 €
Amortisationszeitraum	10 Jahre	12 Jahre	13 Jahre	14 Jahre	15 Jahre
Einnahmen (+/-10-20%)	27.853,04 €	25.531,96 €	23.210,87 €	20.889,78 €	18.568,70 €
Amortisationszeitraum	11 Jahre	12 Jahre	13 Jahre	14 Jahre	16 Jahre
Energiepreissteigerung	6,79%	5,79%	4,79%	3,79%	2,79%
Amortisationszeitraum	12 Jahre	12 Jahre	13 Jahre	14 Jahre	15 Jahre
langfristiger FK-Zins	2,50%	3,50%	4,50%	5,50%	6,50%
Amortisationszeitraum	12 Jahre	12 Jahre	13 Jahre	13 Jahre	14 Jahre
Habenzinssatz	2,50%	2,00%	1,50%	1,00%	0,50%
Amortisationszeitraum	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre
Instandhaltungskosten	0,43%	0,93%	1,43%	1,93%	2,43%
Amortisationszeitraum	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre



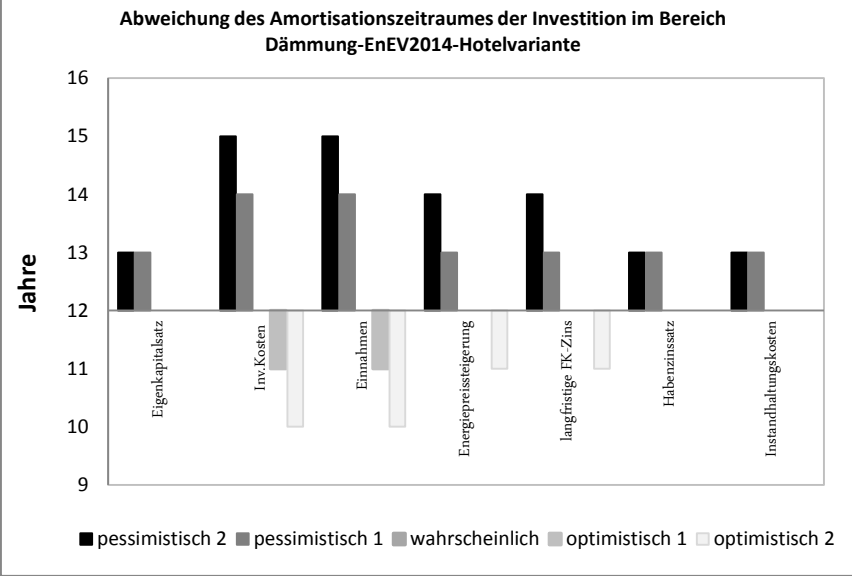
### Sensitivitätsanalyse der Investition im Bereich Dämmung-EnEV2007-Hotelvariante

	optimistisch		wahr-scheinlich	pessimistisch	
	2	1		1	2
Eigenkapitalsatz	35,00%	32,50%	30,00%	27,50%	25,00%
Amortisationszeitraum	12 Jahre	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre	14 Jahre
Inv.Kosten (+/-10-20%)	151.220,58 €	170.123,16 €	189.025,73 €	207.928,30 €	226.830,88 €
Amortisationszeitraum	10 Jahre	12 Jahre	13 Jahre	14 Jahre	15 Jahre
Einnahmen (+/-10-20%)	16.909,08 €	15.499,99 €	14.090,90 €	12.681,81 €	11.272,72 €
Amortisationszeitraum	11 Jahre	12 Jahre	13 Jahre	15 Jahre	16 Jahre
Energiepreissteigerung	6,79%	5,79%	4,79%	3,79%	2,79%
Amortisationszeitraum	12 Jahre	12 Jahre	13 Jahre	14 Jahre	15 Jahre
langfristiger FK-Zins	2,50%	3,50%	4,50%	5,50%	6,50%
Amortisationszeitraum	12 Jahre	12 Jahre	13 Jahre	14 Jahre	15 Jahre
Habenzinssatz	2,50%	2,00%	1,50%	1,00%	0,50%
Amortisationszeitraum	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre
Instandhaltungskosten	0,43%	0,93%	1,43%	1,93%	2,43%
Amortisationszeitraum	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre



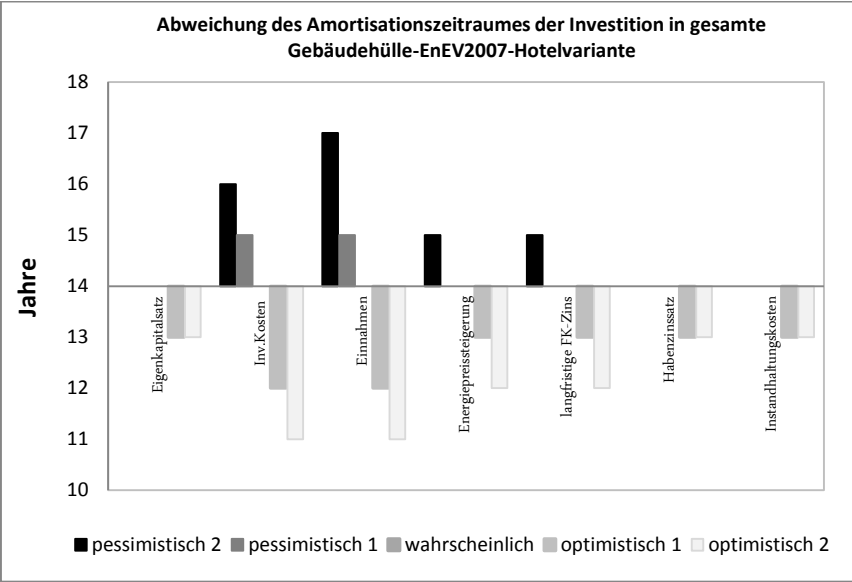
### Sensitivitätsanalyse der Investition im Bereich Dämmung-EnEV2014-Hotelvariante

	optimistisch		wahr-scheinlich	pessimistisch	
	2	1		1	2
Eigenkapitalsatz	35,00%	32,50%	30,00%	27,50%	25,00%
Amortisationszeitraum	12 Jahre	12 Jahre	12 Jahre	13 Jahre	13 Jahre
Inv.Kosten (+/-10-20%)	213.649,17 €	240.355,31 €	267.061,46 €	293.767,62 €	320.473,75 €
Amortisationszeitraum	10 Jahre	11 Jahre	12 Jahre	14 Jahre	15 Jahre
Einnahmen (+/-10-20%)	24.998,12 €	22.914,95 €	20.831,77 €	18.748,59 €	16.665,42 €
Amortisationszeitraum	10 Jahre	11 Jahre	12 Jahre	14 Jahre	15 Jahre
Energiepreissteigerung	6,79%	5,79%	4,79%	3,79%	2,79%
Amortisationszeitraum	11 Jahre	12 Jahre	12 Jahre	13 Jahre	14 Jahre
langfristiger FK-Zins	2,50%	3,50%	4,50%	5,50%	6,50%
Amortisationszeitraum	11 Jahre	12 Jahre	12 Jahre	13 Jahre	14 Jahre
Habenzinssatz	2,50%	2,00%	1,50%	1,00%	0,50%
Amortisationszeitraum	12 Jahre	12 Jahre	12 Jahre	13 Jahre	13 Jahre
Instandhaltungskosten	0,43%	0,93%	1,43%	1,93%	2,43%
Amortisationszeitraum	12 Jahre	12 Jahre	12 Jahre	13 Jahre	13 Jahre



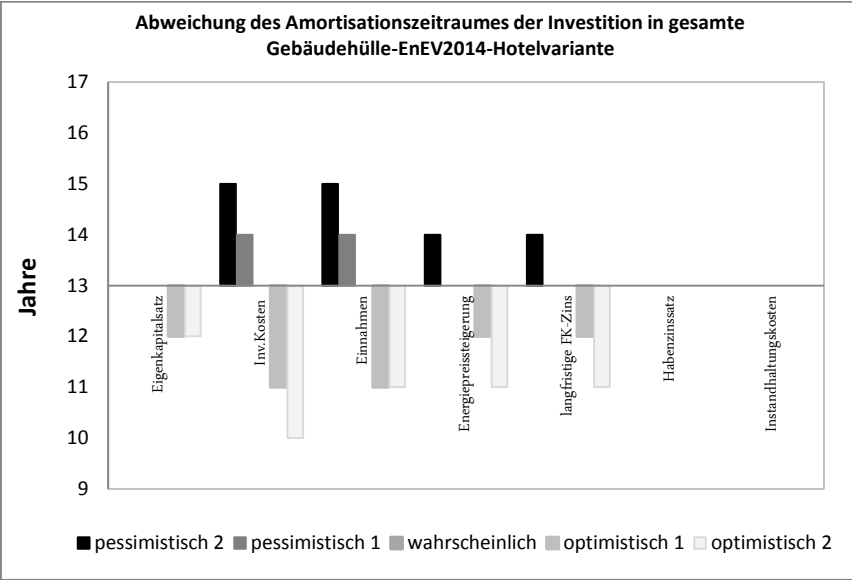
**Sensitivitätsanalyse der Investition in gesamte Gebäudehülle-EnEV2007-Hotelvariante**

	optimistisch		wahr-scheinlich	pessimistisch	
	2	1		1	2
Eigenkapitalsatz	35,00%	32,50%	30,00%	27,50%	25,00%
Amortisationszeitraum	13 Jahre	13 Jahre	14 Jahre	14 Jahre	14 Jahre
Inv.Kosten (+/-10-20%)	361.265,78 €	406.424,01 €	451.582,23 €	496.740,45 €	541.898,68 €
Amortisationszeitraum	11 Jahre	12 Jahre	14 Jahre	15 Jahre	16 Jahre
Einnahmen (+/-10-20%)	38.975,34 €	35.727,39 €	32.479,45 €	29.231,50 €	25.983,56 €
Amortisationszeitraum	11 Jahre	12 Jahre	14 Jahre	15 Jahre	17 Jahre
Energiepreissteigerung	6,79%	5,79%	4,79%	3,79%	2,79%
Amortisationszeitraum	12 Jahre	13 Jahre	14 Jahre	14 Jahre	15 Jahre
langfristiger FK-Zins	2,50%	3,50%	4,50%	5,50%	6,50%
Amortisationszeitraum	12 Jahre	13 Jahre	14 Jahre	14 Jahre	15 Jahre
Habenzinssatz	2,50%	2,00%	1,50%	1,00%	0,50%
Amortisationszeitraum	13 Jahre	13 Jahre	14 Jahre	14 Jahre	14 Jahre
Instandhaltungskosten	0,43%	0,93%	1,43%	1,93%	2,43%
Amortisationszeitraum	13 Jahre	13 Jahre	14 Jahre	14 Jahre	14 Jahre



**Sensitivitätsanalyse der Investition in gesamte Gebäudehülle -EnEV2014-Hotelvariante**

	optimistisch		wahr-scheinlich	pessimistisch	
	2	1		1	2
Eigenkapitalsatz	35,00%	32,50%	30,00%	27,50%	25,00%
Amortisationszeitraum	12 Jahre	12 Jahre	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre
Inv.Kosten (+/-10-20%)	458.258,77 €	515.541,11 €	572.823,46 €	630.105,82 €	687.388,15 €
Amortisationszeitraum	10 Jahre	11 Jahre	13 Jahre	14 Jahre	15 Jahre
Einnahmen (+/-10-20%)	52.851,18 €	48.446,91 €	44.042,65 €	39.638,38 €	35.234,12 €
Amortisationszeitraum	11 Jahre	11 Jahre	13 Jahre	14 Jahre	15 Jahre
Energiepreissteigerung	6,79%	5,79%	4,79%	3,79%	2,79%
Amortisationszeitraum	11 Jahre	12 Jahre	13 Jahre	13 Jahre	14 Jahre
langfristiger FK-Zins	2,50%	3,50%	4,50%	5,50%	6,50%
Amortisationszeitraum	11 Jahre	12 Jahre	13 Jahre	13 Jahre	14 Jahre
Habenzinssatz	2,50%	2,00%	1,50%	1,00%	0,50%
Amortisationszeitraum	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre
Instandhaltungskosten	0,43%	0,93%	1,43%	1,93%	2,43%
Amortisationszeitraum	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre

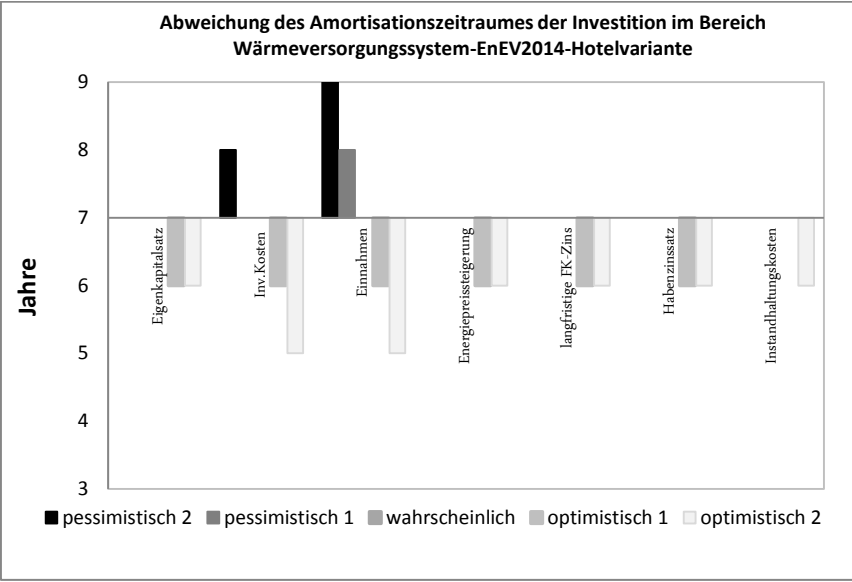
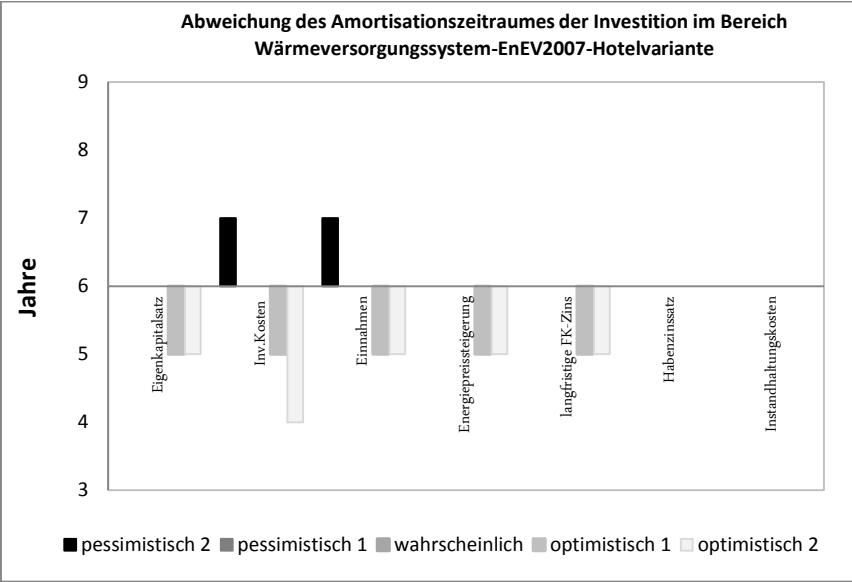


**Sensitivitätsanalyse der Investition im Bereich Wärmeversorgungssystem-EnEV2007-Hotelvariante**

	optimistisch		wahr-scheinlich	pessimistisch	
	2	1		1	2
Eigenkapitalsatz	35,00%	32,50%	30,00%	27,50%	25,00%
Amortisationszeitraum	5 Jahre	5 Jahre	6 Jahre	6 Jahre	6 Jahre
Inv.Kosten (+/-10-20%)	796.329,00 €	895.870,13 €	995.411,25 €	1.094.952,38 €	1.194.493,50 €
Amortisationszeitraum	4 Jahre	5 Jahre	6 Jahre	6 Jahre	7 Jahre
Einnahmen (+/-10-20%)	196.723,69 €	180.330,05 €	163.936,41 €	147.542,77 €	131.149,13 €
Amortisationszeitraum	5 Jahre	5 Jahre	6 Jahre	6 Jahre	7 Jahre
Energiepreisteigerung	5,93%	4,93%	3,93%	2,93%	1,93%
Amortisationszeitraum	5 Jahre	5 Jahre	6 Jahre	6 Jahre	6 Jahre
langfristiger FK-Zins	2,50%	3,50%	4,50%	5,50%	6,50%
Amortisationszeitraum	5 Jahre	5 Jahre	6 Jahre	6 Jahre	6 Jahre
Habenzinssatz	2,50%	2,00%	1,50%	1,00%	0,50%
Amortisationszeitraum	6 Jahre	6 Jahre	6 Jahre	6 Jahre	6 Jahre
Instandhaltungskosten	0,43%	0,93%	1,43%	1,93%	2,43%
Amortisationszeitraum	6 Jahre	6 Jahre	6 Jahre	6 Jahre	6 Jahre

**Sensitivitätsanalyse der Investition im Bereich Wärmeversorgungssystem -EnEV2014-Hotelvariante**

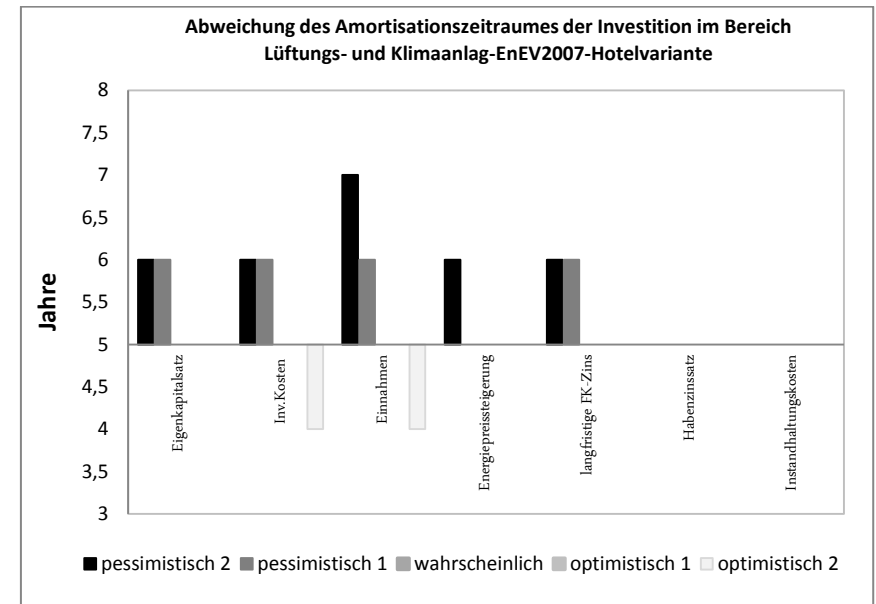
	optimistisch		wahr-scheinlich	pessimistisch	
	2	1		1	2
Eigenkapitalsatz	35,00%	32,50%	30,00%	27,50%	25,00%
Amortisationszeitraum	6 Jahre	6 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	7 Jahre
Inv.Kosten (+/-10-20%)	882.061,96 €	992.319,71 €	1.102.577,45 €	1.212.835,20 €	1.323.092,94 €
Amortisationszeitraum	5 Jahre	6 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	8 Jahre
Einnahmen (+/-10-20%)	204.292,51 €	187.268,14 €	170.243,76 €	153.219,38 €	136.195,01 €
Amortisationszeitraum	5 Jahre	6 Jahre	7 Jahre	8 Jahre	9 Jahre
Energiepreisteigerung	9,44%	8,44%	7,44%	6,44%	5,44%
Amortisationszeitraum	6 Jahre	6 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	7 Jahre
langfristiger FK-Zins	2,50%	3,50%	4,50%	5,50%	6,50%
Amortisationszeitraum	6 Jahre	6 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	7 Jahre
Habenzinssatz	2,50%	2,00%	1,50%	1,00%	0,50%
Amortisationszeitraum	6 Jahre	6 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	7 Jahre
Instandhaltungskosten	0,43%	0,93%	1,43%	1,93%	2,43%
Amortisationszeitraum	6 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	7 Jahre





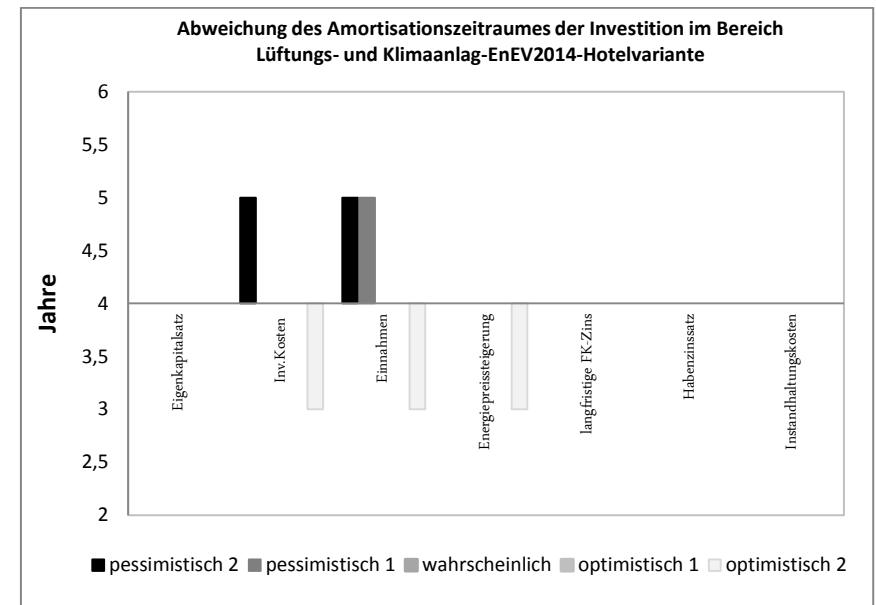
### Sensitivitätsanalyse der Investition im Bereich Lüftungs- und Klimaanlage-EnEV2007-Hotelvariante

	optimistisch				wahr- scheinlich	pessimistisch				
	2		1			1		2		
Eigenkapitalsatz	35,00%		32,50%		30,00%		27,50%		25,00%	
Amortisationszeitraum	5 Jahre		5 Jahre		5 Jahre		6 Jahre		6 Jahre	
Inv.Kosten (+/-10-20%)	549.049,10 €		617.680,24 €		686.311,38 €		754.942,51 €		823.573,65 €	
Amortisationszeitraum	4 Jahre		5 Jahre		5 Jahre		6 Jahre		6 Jahre	
Einnahmen (+/-10-20%)	142.451,06 €		130.580,14 €		118.709,22 €		106.838,30 €		94.967,38 €	
Amortisationszeitraum	4 Jahre		5 Jahre		5 Jahre		6 Jahre		7 Jahre	
Energiepreissteigerung	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom
	6,79%	7,28%	5,79%	6,28%	4,79%	5,28%	3,79%	4,28%	2,79%	3,28%
Amortisationszeitraum	5 Jahre		5 Jahre		5 Jahre		5 Jahre		6 Jahre	
langfristiger FK-Zins	2,50%		3,50%		4,50%		5,50%		6,50%	
Amortisationszeitraum	5 Jahre		5 Jahre		5 Jahre		6 Jahre		6 Jahre	
Habenzinssatz	2,50%		2,00%		1,50%		1,00%		0,50%	
Amortisationszeitraum	5 Jahre		5 Jahre		5 Jahre		5 Jahre		5 Jahre	
Instandhaltungskosten	0,43%		0,93%		1,43%		1,93%		2,43%	
Amortisationszeitraum	5 Jahre		5 Jahre		5 Jahre		5 Jahre		5 Jahre	



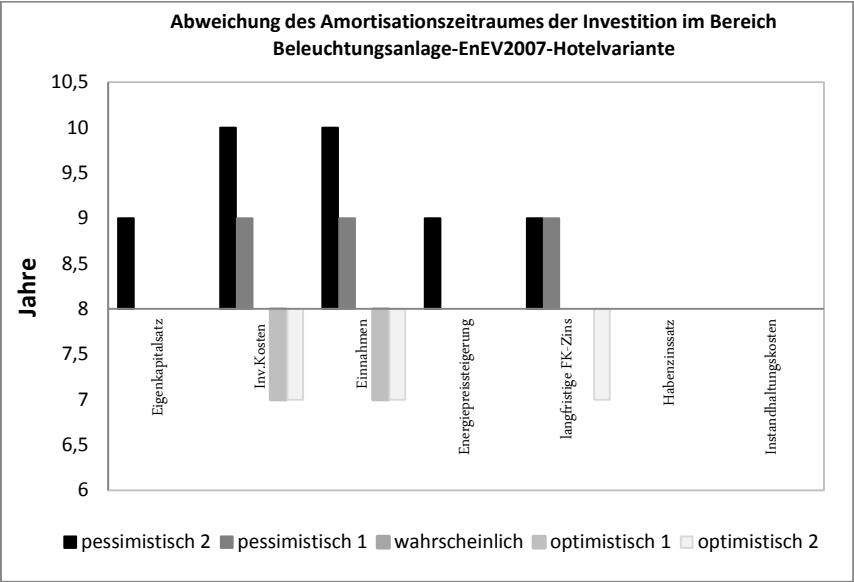
### Sensitivitätsanalyse der Investition im Bereich Lüftungs- und Klimaanlage-EnEV2014-Hotelvariante

	optimistisch				wahr- scheinlich		pessimistisch			
	2		1				1		2	
Eigenkapitalsatz	35,00%		32,50%		30,00%		27,50%		25,00%	
Amortisationszeitraum	4 Jahre		4 Jahre		4 Jahre		4 Jahre		4 Jahre	
Inv.Kosten (+/-10-20%)	585.849,10 €		659.080,24 €		732.311,38 €		805.542,51 €		878.773,65 €	
Amortisationszeitraum	3 Jahre		4 Jahre		4 Jahre		4 Jahre		5 Jahre	
Einnahmen (+/-10-20%)	196.536,12 €		180.158,11 €		163.780,10 €		147.402,09 €		131.024,08 €	
Amortisationszeitraum	3 Jahre		4 Jahre		4 Jahre		5 Jahre		5 Jahre	
Energiepreissteigerung	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom
	6,79%	7,28%	5,79%	6,28%	4,79%	5,28%	3,79%	4,28%	2,79%	3,28%
Amortisationszeitraum	4 Jahre		4 Jahre		4 Jahre		4 Jahre		4 Jahre	
langfristiger FK-Zins	2,50%		3,50%		4,50%		5,50%		6,50%	
Amortisationszeitraum	4 Jahre		4 Jahre		4 Jahre		4 Jahre		4 Jahre	
Habenzinssatz	2,50%		2,00%		1,50%		1,00%		0,50%	
Amortisationszeitraum	4 Jahre		4 Jahre		4 Jahre		4 Jahre		4 Jahre	
Instandhaltungskosten	0,43%		0,93%		1,43%		1,93%		2,43%	
Amortisationszeitraum	4 Jahre		4 Jahre		4 Jahre		4 Jahre		4 Jahre	



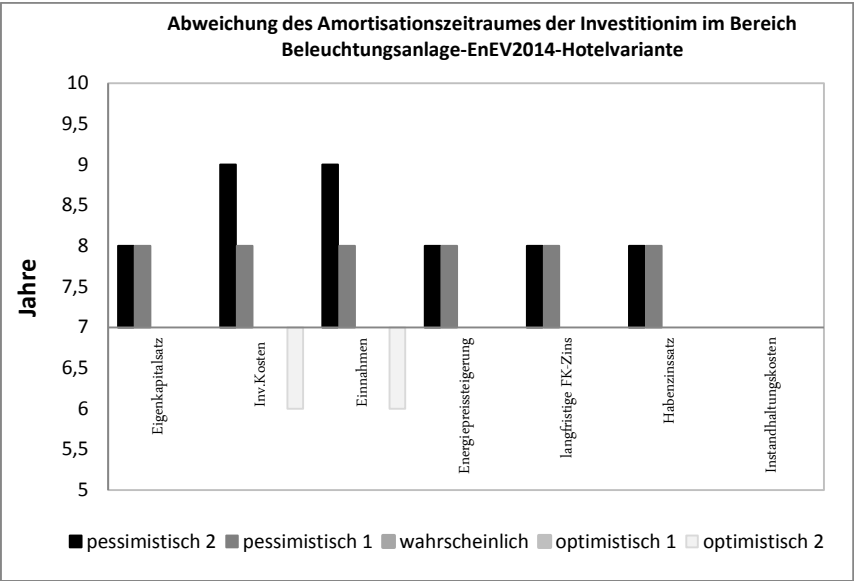
### Sensitivitätsanalyse der Investition im Bereich Beleuchtungsanlage-EnEV2007-Hotelvariante

	optimistisch		wahr-scheinlich	pessimistisch	
	2	1		1	2
Eigenkapitalsatz	35,00%	32,50%	30,00%	27,50%	25,00%
Amortisationszeitraum	8 Jahre	8 Jahre	8 Jahre	8 Jahre	9 Jahre
Inv.Kosten (+/-10-20%)	278.263,20 €	313.046,10 €	347.829,00 €	382.611,90 €	417.394,80 €
Amortisationszeitraum	7 Jahre	7 Jahre	8 Jahre	9 Jahre	10 Jahre
Einnahmen (+/-10-20%)	47.438,02 €	43.484,85 €	39.531,68 €	35.578,51 €	31.625,34 €
Amortisationszeitraum	7 Jahre	7 Jahre	8 Jahre	9 Jahre	10 Jahre
Energiepreissteigerung	7,28%	6,28%	5,28%	4,28%	3,28%
Amortisationszeitraum	8 Jahre	8 Jahre	8 Jahre	8 Jahre	9 Jahre
langfristiger FK-Zins	2,50%	3,50%	4,50%	5,50%	6,50%
Amortisationszeitraum	7 Jahre	8 Jahre	8 Jahre	9 Jahre	9 Jahre
Habenzinssatz	2,50%	2,00%	1,50%	1,00%	0,50%
Amortisationszeitraum	8 Jahre	8 Jahre	8 Jahre	8 Jahre	8 Jahre
Instandhaltungskosten	0,43%	0,93%	1,43%	1,93%	2,43%
Amortisationszeitraum	8 Jahre	8 Jahre	8 Jahre	8 Jahre	8 Jahre



### Sensitivitätsanalyse der Investition im Bereich Beleuchtungsanlage -EnEV2014-Hotelvariante

	optimistisch		wahr-scheinlich	pessimistisch	
	2	1		1	2
Eigenkapitalsatz	35,00%	32,50%	30,00%	27,50%	25,00%
Amortisationszeitraum	7 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	8 Jahre	8 Jahre
Inv.Kosten (+/-10-20%)	316.010,80 €	355.512,15 €	395.013,50 €	434.514,85 €	474.016,20 €
Amortisationszeitraum	6 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	8 Jahre	9 Jahre
Einnahmen (+/-10-20%)	58.904,48 €	53.995,78 €	49.087,07 €	44.178,36 €	39.269,66 €
Amortisationszeitraum	6 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	8 Jahre	9 Jahre
Energiepreissteigerung	7,28%	6,28%	5,28%	4,28%	3,28%
Amortisationszeitraum	7 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	8 Jahre	8 Jahre
langfristiger FK-Zins	2,50%	3,50%	4,50%	5,50%	6,50%
Amortisationszeitraum	7 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	8 Jahre	8 Jahre
Habenzinssatz	2,50%	2,00%	1,50%	1,00%	0,50%
Amortisationszeitraum	7 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	8 Jahre	8 Jahre
Instandhaltungskosten	0,43%	0,93%	1,43%	1,93%	2,43%
Amortisationszeitraum	7 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	7 Jahre

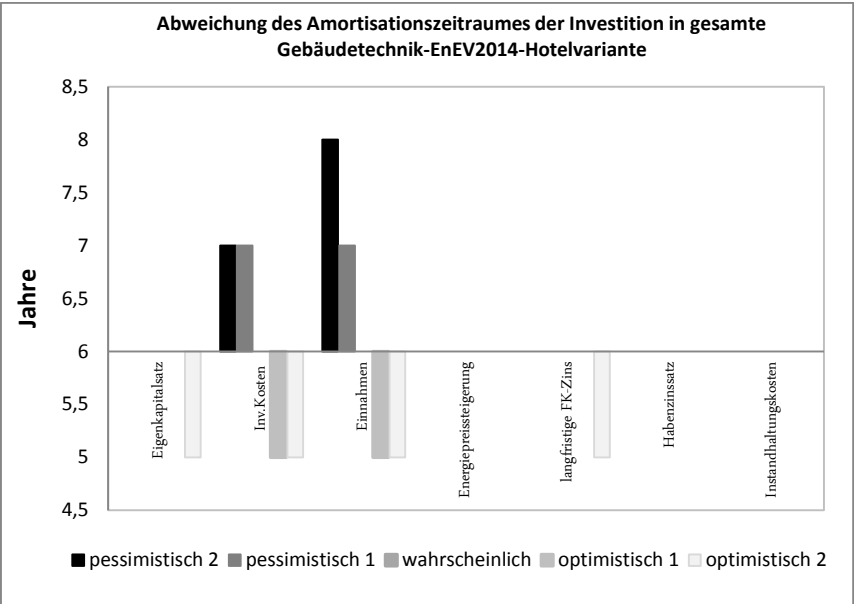
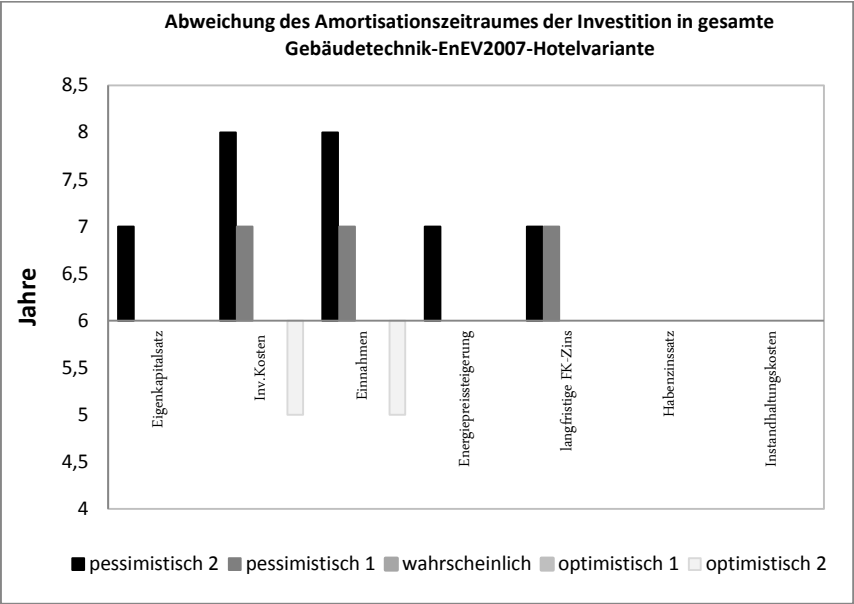


### Sensitivitätsanalyse der Investition in gesamte Gebäudetechnik-EnEV2007-Hotelvariante

	optimistisch				wahr- scheinlich		pessimistisch			
	2		1				1		2	
Eigenkapitalsatz	35,00%		32,50%		30,00%		27,50%		25,00%	
Amortisationszeitraum	6 Jahre		6 Jahre		6 Jahre		6 Jahre		7 Jahre	
Inv.Kosten (+/-10-20%)	1.623.641,30 €		1.826.596,46 €		2.029.551,63 €		2.232.506,79 €		2.435.461,95 €	
Amortisationszeitraum	5 Jahre		6 Jahre		6 Jahre		7 Jahre		8 Jahre	
Einnahmen (+/-10-20%)	357.716,05 €		327.906,38 €		298.096,71 €		268.287,04 €		238.477,37 €	
Amortisationszeitraum	5 Jahre		6 Jahre		6 Jahre		7 Jahre		8 Jahre	
Energiepreissteigerung	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom
	5,93%	7,28%	4,93%	6,28%	3,93%	5,28%	2,93%	4,28%	1,93%	3,28%
Amortisationszeitraum	6 Jahre		6 Jahre		6 Jahre		6 Jahre		7 Jahre	
langfristiger FK-Zins	2,50%		3,50%		4,50%		5,50%		6,50%	
Amortisationszeitraum	6 Jahre		6 Jahre		6 Jahre		7 Jahre		7 Jahre	
Habenzinssatz	2,50%		2,00%		1,50%		1,00%		0,50%	
Amortisationszeitraum	6 Jahre		6 Jahre		6 Jahre		6 Jahre		6 Jahre	
Instandhaltungskosten	0,43%		0,93%		1,43%		1,93%		2,43%	
Amortisationszeitraum	6 Jahre		6 Jahre		6 Jahre		6 Jahre		6 Jahre	

### Sensitivitätsanalyse der Investition in gesamte Gebäudetechnik -EnEV2014-Hotelvariante

	optimistisch				wahr- scheinlich		pessimistisch			
	2		1				1		2	
Eigenkapitalsatz	35,00%		32,50%		30,00%		27,50%		25,00%	
Amortisationszeitraum	5 Jahre		6 Jahre		6 Jahre		6 Jahre		6 Jahre	
Inv.Kosten (+/-10-20%)	1.783.921,86 €		2.006.912,09 €		2.229.902,33 €		2.452.892,56 €		2.675.882,79 €	
Amortisationszeitraum	5 Jahre		5 Jahre		6 Jahre		7 Jahre		7 Jahre	
Einnahmen (+/-10-20%)	430.391,92 €		394.525,94 €		358.659,94 €		322.793,94 €		286.927,96 €	
Amortisationszeitraum	5 Jahre		5 Jahre		6 Jahre		7 Jahre		8 Jahre	
Energiepreissteigerung	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom
	9,44%	7,28%	8,44%	6,28%	7,44%	5,28%	6,44%	4,28%	5,44%	3,28%
Amortisationszeitraum	6 Jahre		6 Jahre		6 Jahre		6 Jahre		6 Jahre	
langfristiger FK-Zins	2,50%		3,50%		4,50%		5,50%		6,50%	
Amortisationszeitraum	5 Jahre		6 Jahre		6 Jahre		6 Jahre		6 Jahre	
Habenzinssatz	2,50%		2,00%		1,50%		1,00%		0,50%	
Amortisationszeitraum	6 Jahre		6 Jahre		6 Jahre		6 Jahre		6 Jahre	
Instandhaltungskosten	0,43%		0,93%		1,43%		1,93%		2,43%	
Amortisationszeitraum	6 Jahre		6 Jahre		6 Jahre		6 Jahre		6 Jahre	

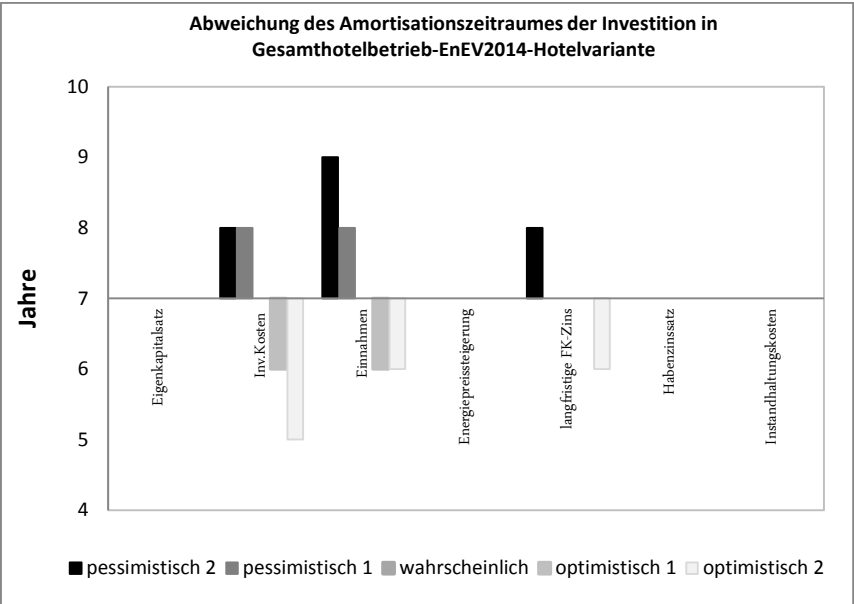
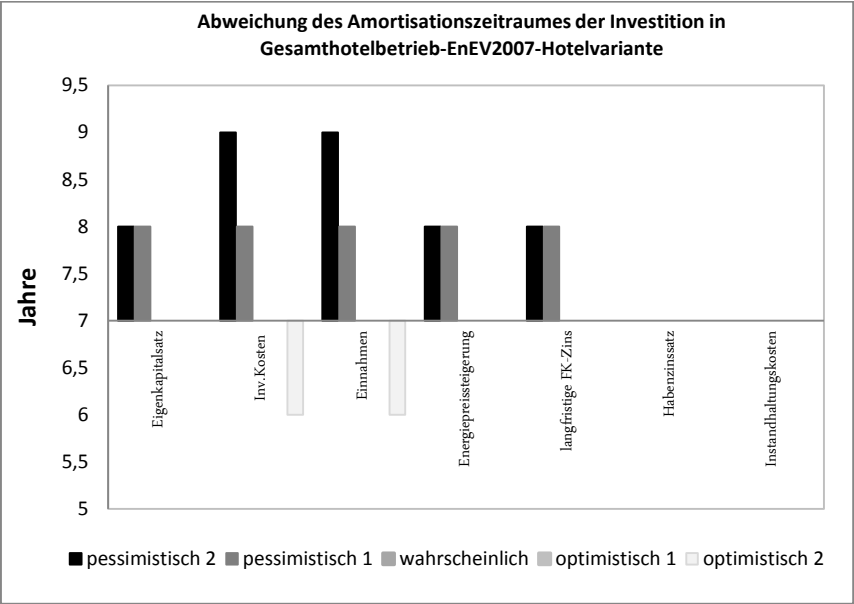


### Sensitivitätsanalyse der Investition in Gesamthotelbetrieb-EnEV2007-Hotelvariante

	optimistisch				wahr- scheinlich		pessimistisch			
	2		1				1		2	
Eigenkapitalsatz	35,00%		32,50%		30,00%		27,50%		25,00%	
Amortisationszeitraum	7 Jahre		7 Jahre		7 Jahre		8 Jahre		8 Jahre	
Inv.Kosten (+/-10-20%)	1.984.907,08 €		2.233.020,47 €		2.481.133,86 €		2.729.247,24 €		2.977.360,63 €	
Amortisationszeitraum	6 Jahre		7 Jahre		7 Jahre		8 Jahre		9 Jahre	
Einnahmen (+/-10-20%)	380.711,50 €		348.985,54 €		317.259,58 €		285.533,62 €		253.807,66 €	
Amortisationszeitraum	6 Jahre		7 Jahre		7 Jahre		8 Jahre		9 Jahre	
Energiepreissteigerung	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom
	5,93%	7,28%	4,93%	6,28%	3,93%	5,28%	2,93%	4,28%	1,93%	3,28%
Amortisationszeitraum	7 Jahre		7 Jahre		7 Jahre		8 Jahre		8 Jahre	
langfristiger FK-Zins	2,50%		3,50%		4,50%		5,50%		6,50%	
Amortisationszeitraum	7 Jahre		7 Jahre		7 Jahre		8 Jahre		8 Jahre	
Habenzinssatz	2,50%		2,00%		1,50%		1,00%		0,50%	
Amortisationszeitraum	7 Jahre		7 Jahre		7 Jahre		7 Jahre		7 Jahre	
Instandhaltungskosten	0,43%		0,93%		1,43%		1,93%		2,43%	
Amortisationszeitraum	7 Jahre		7 Jahre		7 Jahre		7 Jahre		7 Jahre	

### Sensitivitätsanalyse der Investition in Gesamthotelbetrieb-EnEV2014-Hotelvariante

	optimistisch		wahr- scheinlich	pessimistisch		
	2	1		1	2	
Eigenkapitalsatz	35,00%	32,50%	30,00%	27,50%	25,00%	
Amortisationszeitraum	7 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	
Inv.Kosten (+/-10-20%)	2.242.180,63 €	2.522.453,21 €	2.802.725,79 €	3.082.998,37 €	3.363.270,94 €	
Amortisationszeitraum	5 Jahre	6 Jahre	7 Jahre	8 Jahre	8 Jahre	
Einnahmen (+/-10-20%)	464.216,68 €	425.531,97 €	386.847,24 €	348.162,51 €	309.477,80 €	
Amortisationszeitraum	6 Jahre	6 Jahre	7 Jahre	8 Jahre	9 Jahre	
Energiepreissteigerung	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom
	9,44%	7,28%	8,44%	6,28%	7,44%	5,28%
Amortisationszeitraum	7 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	7 Jahre
langfristiger FK-Zins	2,50%	3,50%	4,50%	5,50%	6,50%	
Amortisationszeitraum	6 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	8 Jahre	
Habenzinssatz	2,50%	2,00%	1,50%	1,00%	0,50%	
Amortisationszeitraum	7 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	
Instandhaltungskosten	0,43%	0,93%	1,43%	1,93%	2,43%	
Amortisationszeitraum	7 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	7 Jahre	



### 6.2.2.7. Bestimmung der einflussreichsten Inputgrößen auf den Amortisationszeitraum

#### a) Methode

Die Methode zur Bestimmung der einflussreichsten Inputgrößen auf den Amortisationszeitraum lässt sich anhand der im Folgend dargestellten Stichprobe verdeutlichen. Die Stichprobe verkörpert eine Sensitivitätsanalyse bezogen auf den Amortisationszeitraum für die Investition im Bereich Gebäudehülle-Fenster der Hotels (Tab.84, 85).

Sensitivitätsanalyse der Investition im Bereich Gebäudehülle-Fenster-EnEV2007-Hotelvariante					
	optimistisch		wahr-scheinlich	pessimistisch	
	2	1		1	2
Eigenkapitalsatz Amortisationszeitraum	35,00%	32,50%	30,00%	27,50%	25,00%
	13 Jahre	14 Jahre	14 Jahre	14 Jahre	15 Jahre
Inv.Kosten (+/-10-20%) Amortisationszeitraum	210.045,20 €	236.300,85 €	262.556,50 €	288.812,15 €	315.067,80 €
	11 Jahre	12 Jahre	14 Jahre	15 Jahre	17 Jahre
Einnahmen (+/-10-20%) Amortisationszeitraum	22.066,26 €	20.227,40 €	18.388,55 €	16.549,69 €	14.710,84 €
	12 Jahre	13 Jahre	14 Jahre	15 Jahre	18 Jahre
Energiepreissteigerung Amortisationszeitraum	6,79%	5,79%	4,79%	3,79%	2,79%
	12 Jahre	13 Jahre	14 Jahre	15 Jahre	15 Jahre
langfristiger FK-Zins Amortisationszeitraum	2,50%	3,50%	4,50%	5,50%	6,50%
	13 Jahre	13 Jahre	14 Jahre	15 Jahre	15 Jahre
Habenzinssatz Amortisationszeitraum	2,50%	2,00%	1,50%	1,00%	0,50%
	14 Jahre	14 Jahre	14 Jahre	14 Jahre	14 Jahre
Instandhaltungskosten Amortisationszeitraum	0,43%	0,93%	1,43%	1,93%	2,43%
	14 Jahre	14 Jahre	14 Jahre	14 Jahre	14 Jahre

Tabelle 84: Sensitivitätsanalyse für den Amortisationszeitraum der Investition-Fenster: EnEV2007-Hotelvariante

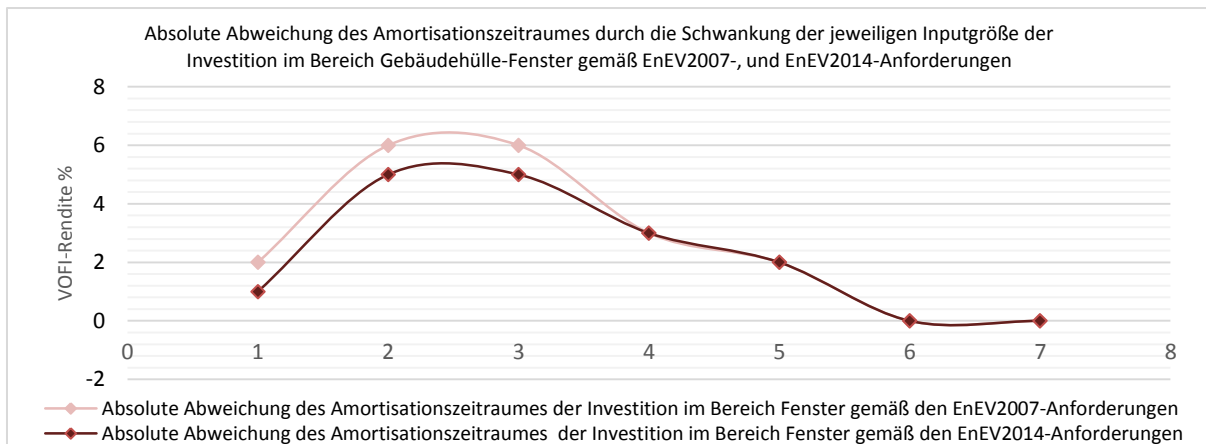
Sensitivitätsanalyse der Investition im Bereich Gebäudehülle-Fenster-EnEV2014-Hotelvariante					
	optimistisch		wahr-scheinlich	pessimistisch	
	2	1		1	2
Eigenkapitalsatz Amortisationszeitraum	35,00%	32,50%	30,00%	27,50%	25,00%
	12 Jahre	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre
Inv.Kosten (+/-10-20%) Amortisationszeitraum	244.609,60 €	275.185,80 €	305.762,00 €	336.338,20 €	366.914,40 €
	10 Jahre	12 Jahre	13 Jahre	14 Jahre	15 Jahre
Einnahmen (+/-10-20%) Amortisationszeitraum	27.853,04 €	25.531,96 €	23.210,87 €	20.889,78 €	18.568,70 €
	11 Jahre	12 Jahre	13 Jahre	14 Jahre	16 Jahre
Energiepreissteigerung Amortisationszeitraum	6,79%	5,79%	4,79%	3,79%	2,79%
	12 Jahre	12 Jahre	13 Jahre	14 Jahre	15 Jahre
langfristiger FK-Zins Amortisationszeitraum	2,50%	3,50%	4,50%	5,50%	6,50%
	12 Jahre	12 Jahre	13 Jahre	13 Jahre	14 Jahre
Habenzinssatz Amortisationszeitraum	2,50%	2,00%	1,50%	1,00%	0,50%
	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre
Instandhaltungskosten Amortisationszeitraum	0,43%	0,93%	1,43%	1,93%	2,43%
	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre	13 Jahre

Tabelle 85: Sensitivitätsanalyse für den Amortisationszeitraum der Investition-Fenster: EnEV2014-Hotelvariante

Die Methode ist mit dem Verfahren zur Ermittlung der einflussreichsten Inputgrößen auf die VOFI-Rendite zu vergleichen. Dabei wird hier ebenfalls die maximale und minimale Abweichung des Amortisationszeitraumes der Investition anhand der Schwankung der jeweiligen Inputgröße bestimmt und somit die absolute Abweichung des Amortisationszeitraumes ermittelt. Diejenige Inputgröße, deren Schwankung die größte absolute Abweichung im Amortisa-

tionszeitraum verursacht, stellt sich als die einflussreichste Inputgröße auf den Amortisationszeitraum der Investition dar.

Anhand der dargestellten Stichprobe kann die absolute Abweichung des Amortisationszeitraumes bei der Schwankung jeweiliger Inputgröße und somit die einflussreichsten Inputgrößen auf den Amortisationszeitraum wie folgt bestimmt (Tab.86, 87).



**Abweichung des Amortisationszeitraumes der Investition im Bereich Gebäudehülle-Fenster gemäß den EnEV2007-Anforderungen durch die Schwankung der jeweiligen Inputgröße**

Die Inputgrößen	Maximale & minimale Abweichung des Amortisationszeitraumes		Absolute Abweichung des Amortisationszeitraumes
	optimistisch	pessimistisch	
1- Eigenkapitalsatz (25-35%)	15 Jahre	13 Jahre	2 Jahre
2- Inv. Koste (±20%)	17 Jahre	11 Jahre	6 Jahre
3- Einnahmen (±20%)	18 Jahre	12 Jahre	6 Jahre
4- Energiepreissteigerungsindex (±2%)	15 Jahre	12 Jahre	3 Jahre
5- langfristiger FK-Zins (±2%)	15 Jahre	13 Jahre	2 Jahre
6- Habenzinssatz (±1%)	14 Jahre	14 Jahre	0 Jahre
7- Instandhaltungskosten (±1%)	14 Jahre	14 Jahre	0 Jahre

Tabelle 86: Abweichung des Amortisationszeitraumes der Investition im Bereich Gebäudehülle-Fenster gemäß den EnEV2007-Anforderungen durch die Schwankung der jeweiligen Inputgröße

**Abweichung des Amortisationszeitraumes der Investition im Bereich Gebäudehülle-Fenster gemäß den EnEV2014-Anforderungen durch die Schwankung der jeweiligen Inputgröße**

Die Inputgrößen	Maximale & minimale Abweichung des Amortisationszeitraumes		Absolute Abweichung des Amortisationszeitraumes
	optimistisch	pessimistisch	
1- Eigenkapitalsatz (25-35%)	13 Jahre	12 Jahre	1 Jahre
2- Inv. Koste (±20%)	15 Jahre	10 Jahre	5 Jahre
3- Einnahmen (±20%)	16 Jahre	11 Jahre	5 Jahre
4- Energiepreissteigerungsindex (±2%)	15 Jahre	12 Jahre	3 Jahre
5- langfristiger FK-Zins (±2%)	14 Jahre	12 Jahre	2 Jahre
6- Habenzinssatz (±1%)	13 Jahre	13 Jahre	0 Jahre
7- Instandhaltungskosten (±1%)	13 Jahre	13 Jahre	0 Jahre

Tabelle 87: Abweichung des Amortisationszeitraumes der Investition im Bereich Gebäudehülle-Fenster gemäß den EnEV2014-Anforderungen durch die Schwankung der jeweiligen Inputgröße

Der oben dargestellte Vorgang wird weiterführend für jede betrachtete Investition der wirtschaftlichen Untersuchung durchgeführt, welche zum Schluss dazu beiträgt, die einflussreichsten Inputgrößen auf den Amortisationszeitraum bezogen auf alle Investitionsobjekte bei den Hotels zu ermitteln (Abb.102) (Tab.88) und (Abb.103) (Tab.89).

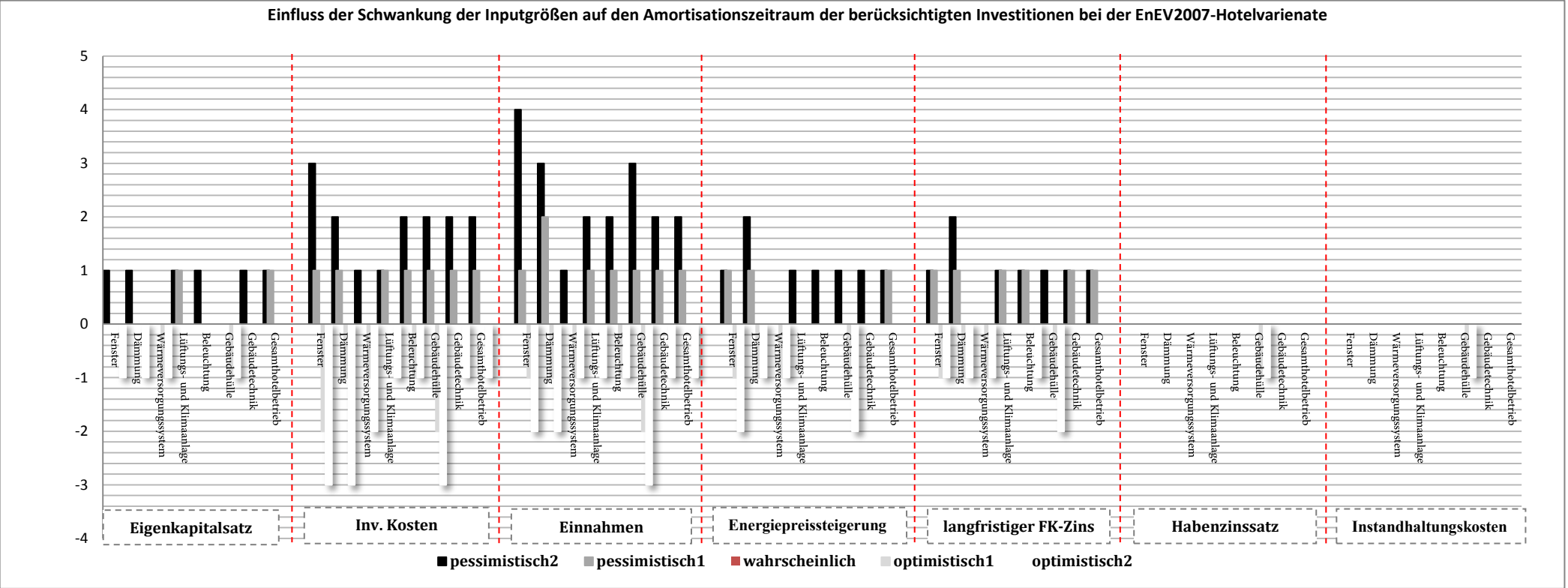


Abbildung 102: Einfluss der Schwankung der Inputgrößen auf den Amortisationszeitraum der berücksichtigten Investitionen bei der EnEV2007-Hotelvariante

Die Absolute Abweichung des Amortisationszeitraumes der Investitionen bei der EnEV2007-Hotelvariante							
Investitionsobjekt	Eigenkapitalsatz	Inv. Kosten	Laufende Einnahmen	Energiepreissteigerungsindex	langfristiger FK-Zins	Habenzinssatz	Instandhaltungskosten
Fenster	2 Jahre	6 Jahre	6 Jahre	3 Jahre	2 Jahre	0 Jahre	0 Jahre
Dämmung	2 Jahre	5 Jahre	5 Jahre	3 Jahre	3 Jahre	0 Jahre	0 Jahre
Wärmeversorgungssystem	1 Jahre	3 Jahre	2 Jahre	1 Jahre	1 Jahre	0 Jahre	0 Jahre
Lüftungs- und Klimaanlage	1 Jahre	2 Jahre	3 Jahre	1 Jahre	1 Jahre	0 Jahre	0 Jahre
Beleuchtung	1 Jahre	3 Jahre	3 Jahre	1 Jahre	2 Jahre	0 Jahre	0 Jahre
Gebäudehülle	1 Jahre	5 Jahre	6 Jahre	3 Jahre	3 Jahre	1 Jahre	1 Jahre
Gebäudetechnik	1 Jahre	3 Jahre	3 Jahre	1 Jahre	1 Jahre	0 Jahre	0 Jahre
Gesamthotelbetrieb	1 Jahre	3 Jahre	3 Jahre	1 Jahre	1 Jahre	0 Jahre	0 Jahre
Durchschnittliche Abweichung	1,3 Jahre	3,8 Jahre	3,9 Jahre	1,8 Jahre	1,8 Jahre	0,1 Jahre	0,1 Jahre

Tabelle 88: Die Absolute Abweichung des Amortisationszeitraumes der Investitionen bei der EnEV2007-Hotelvariante

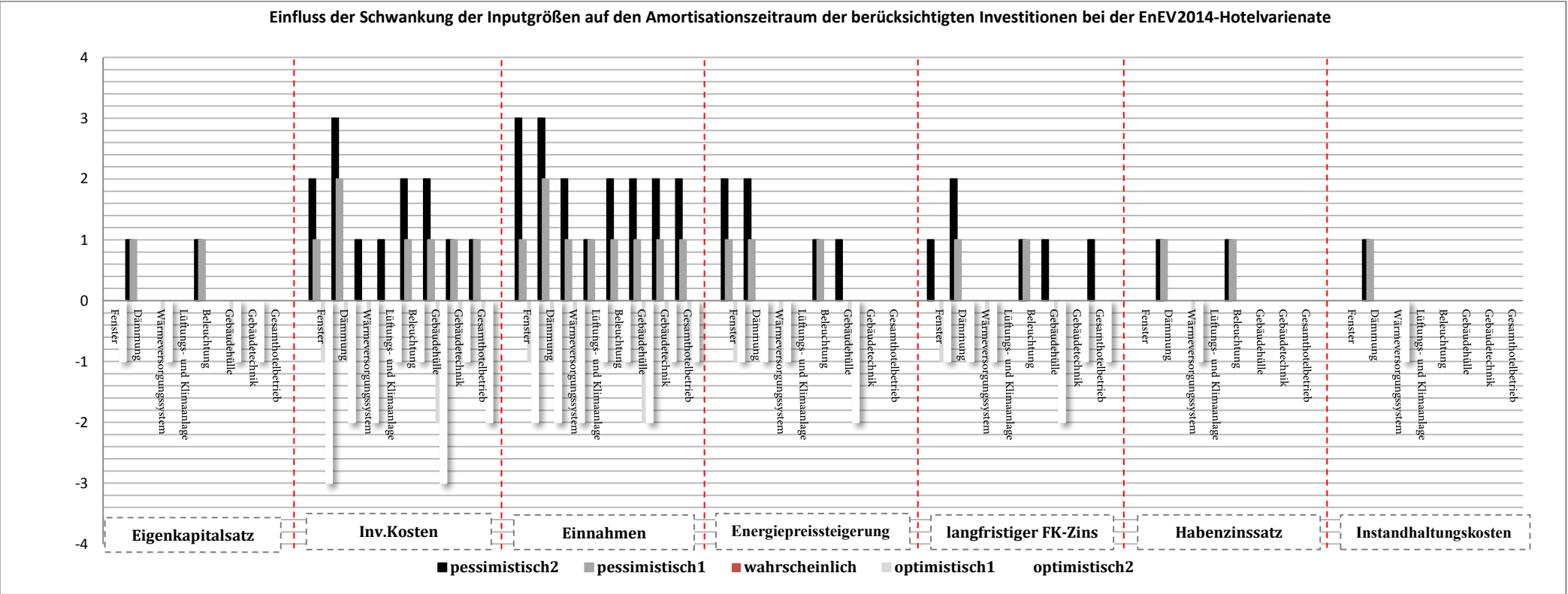


Abbildung 103: Einfluss der Schwankung der Inputgrößen auf den Amortisationszeitraum der berücksichtigten Investitionen bei der EnEV2014-Hotelvariante

Die Absolute Abweichung des Amortisationszeitraumes der Investitionen bei der EnEV2014-Hotelvariante							
Investitionsobjekt	Eigenkapitalsatz	Inv. Kosten	Laufende Einnahmen	Energiepreissteigerungsindex	langfristiger FK-Zins	Habenzinssatz	Instandhaltungskosten
Fenster	1 Jahre	5 Jahre	5 Jahre	3 Jahre	2 Jahre	0 Jahre	0 Jahre
Dämmung	1 Jahre	5 Jahre	5 Jahre	3 Jahre	3 Jahre	1 Jahre	1 Jahre
Wärmeversorgungssystem	1 Jahre	3 Jahre	4 Jahre	1 Jahre	1 Jahre	1 Jahre	1 Jahre
Lüftungs- und Klimaanlage	0 Jahre	2 Jahre	2 Jahre	0 Jahre	0 Jahre	0 Jahre	0 Jahre
Beleuchtung	1 Jahre	3 Jahre	3 Jahre	1 Jahre	1 Jahre	1 Jahre	0 Jahre
Gebäudehülle	1 Jahre	5 Jahre	4 Jahre	3 Jahre	3 Jahre	0 Jahre	0 Jahre
Gebäudetechnik	1 Jahre	2 Jahre	3 Jahre	0 Jahre	1 Jahre	0 Jahre	0 Jahre
Gesamthotelbetrieb	0 Jahre	3 Jahre	3 Jahre	0 Jahre	2 Jahre	0 Jahre	0 Jahre
Durchschnittliche Abweichung	0,8 Jahre	3,5 Jahre	3,6 Jahre	1,4 Jahre	1,6 Jahre	0,4 Jahre	0,3 Jahre

Tabelle 89: Die Absolute Abweichung des Amortisationszeitraumes der Investitionen bei der EnEV2014-Hotelvariante



## ***b) Interpretation der Ergebnisse***

### **➤ *EnEV2007-Hotelvariante***

Im Rahmen der Investitionen in Hotels auf Grundlagen der EnEV2007-Anforderungen deutet die Sensitivitätsanalyse darauf hin, dass die Schwankungen der Inputgrößen abweichende Auswirkung auf den Amortisationszeitraum der Investitionen haben. Dabei stellen sich hier auch die beiden Inputgrößen (Investitionskosten und laufende Einnahmen) als die einflussreichsten Faktoren auf den Amortisationszeitraum der betrachteten Investitionen dar (Abb.102). Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse zeigen auf, dass die Schwankung der laufenden Einnahmen zu einer absoluten Abweichung des Amortisationszeitraumes in Höhe von 2 bis 6 Jahren (je nach Investitionsobjekt (Tab.88)) führen kann. Dabei macht die durchschnittliche absolute Abweichung des Amortisationszeitraumes der Investitionen 3,9 Jahre aus. Die Schwankung der Investitionskosten hat weiterführend deutliche Auswirkung auf den Amortisationszeitraum. Die Schwankung der Investitionskosten führt schließlich zu einer absoluten Abweichung des Amortisationszeitraumes in Höhe von 2 bis 6 Jahren (je nach Investitionsobjekt (Tab.88)) mit einer durchschnittlichen absoluten Abweichung von 3,8 Jahren. Weitere Einflussfaktoren auf den Amortisationszeitraum der Investitionen sind die Inputgrößen (langfristiger FK-Zins und Energiepreissteigerungsindex). Diese können unter den mittelmäßigen Einflussfaktor gegliedert werden und führt die Schwankungen zu einer durchschnittlichen absoluten Abweichung im Amortisationszeitraum der Investitionen in Höhe von 1,8 Jahren. Die übrigen Inputgrößen (Eigenkapitalsatz, Habenzinssatz und Instandhaltungskosten) führt deren Schwankungen schließlich zu einer niedrigen Auswirkung auf den Amortisationszeitraum und sind anhand der Tabelle (Tab.88) zu bestimmen.

### **➤ *EnEV2014-Hotelvariante***

Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse der Investitionen auf Grundlagen der EnEV2014-Anforderungen sind schließlich ähnliche Ergebnisse wie bei der Analyse die EnEV2007-Hotelvariante festzustellen. Dabei bilden die beiden Inputgrößen (Investitionskosten und laufende Einnahmen) ebenso die einflussreichsten Faktoren auf die Amortisationszeiträume der Investitionen (Abb.103) (Tab.89). Der langfristige FK-Zins und der Energiepreissteigerungsindex stellen sich als mittelmäßige Einflussfaktoren dar. Darüber hinaus zeigen die Inputgrößen (Eigenkapitalsatz, Habenzinssatz und Instandhaltungskosten) eine geringere Auswirkung auf die Abweichung des Amortisationszeitraumes dar (Tab.89).

### **➤ *Das Ergebnis***

*Aus der obigen ist weiterführend festzulegen, dass die Inputgrößen (Einnahmen und Investitionskosten) die einflussreichsten Inputgrößen bezogen auf den Amortisationszeitraum der Investitionen in Hotels auf Grundlagen der EnEV2007-, und EnEV2014-Anforderungen bilden und sind bei der Investitionsentscheidung von besonderer Bedeutung*

### **6.3. Die Sensitivitätsanalyse in Hinsicht auf die Bestimmung der Zulässigen Abweichung der Inputgrößen (Kritische-werte-Rechnung)**

Zu den Aufgaben der Sensitivitätsanalyse zählt weiterhin die Ermittlung der zulässigen Abweichung der Inputgrößen. Dabei wird überprüft, in welchem Umfang eine Inputgröße schwanken darf, ohne dazu zu führen, dass die Zielgröße der Investitionsrechnung einen vorgeschriebenen Grenzwert unter- oder überschreitet. Diese Anwendung der Sensitivitätsanalyse wird hier auch als *kritische-Werte-Rechnung* bezeichnet.<sup>179</sup> Im Rahmen der vorliegenden Arbeit bezieht sich der erwähnte Grenzwert hier auf die Opportunität. Die Zielgröße der Investitionsrechnung ist dabei die VOFI-EK-Rendite. Infolgedessen kann die Fragestellung der Analyse (*kritische-Werte-Rechnung*) bezogen auf die vorliegende Arbeit in diesem Wortlaut formuliert werden:

*„inwieweit darf der Wert einer Inputgröße abweichen, ohne dass die VOFI-Rendite der Investition die Opportunität unterschreitet?“*

Die Inputgrößen der Investitionsrechnung für die vorhandene wirtschaftliche Untersuchung gliedern sich in: Eigenkapitalsatz, Investitionskosten, laufende Einnahmen, Energiepreissteigerungsindex, langfristiger FK-Zins, Habenzinssatz und Instandhaltungskosten. Anhand der bereits durchgeführten Sensitivitätsanalyse wurde festgestellt, dass die Schwankung der Inputgrößen (Eigenkapitalsatz, Habenzinssatz und Instandhaltungskosten) einen sehr geringen Einfluss auf die VOFI-Rendite der betrachteten Investitionen aufzeigt. Darüber hinaus wurde anhand der Analyse festgestellt, dass die Inputgrößen (Eigenkapitalsatz, Habenzinssatz und Instandhaltungskosten) die maximalen und minimalen Schwankungen erreichen können, ohne dazu zu führen, dass die VOFI-Rendite die Opportunität unterschreitet. Daher können für diese Inputgrößen keine kritischen Werte festgelegt werden, und werden somit bei der Analyse (*kritische-Werte-Rechnung*) nicht weiter berücksichtigt. Die im Rahmen der Analyse in Erwägung zu ziehenden Inputgröße gliedern sich somit in: Investitionskosten, laufende Einnahmen, Energiepreissteigerungsindex und langfristiger FK-Zins.

#### **6.3.1. Durchführung der Analyse**

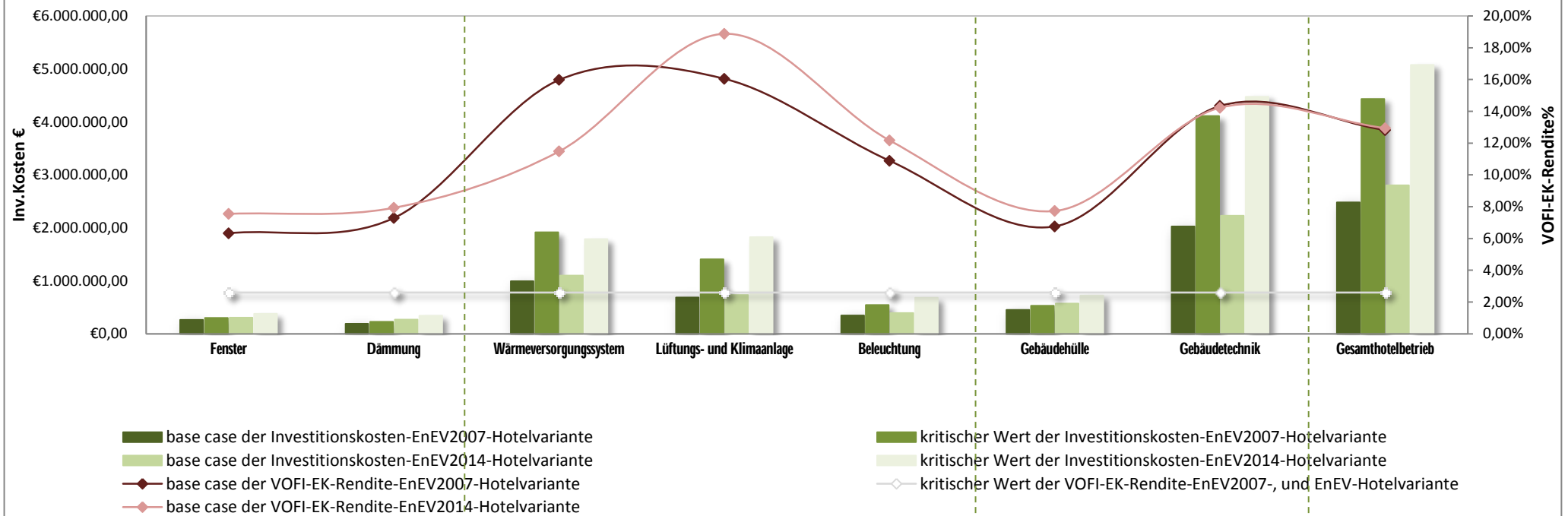
Die Bestimmung der kritischen Werte der genannten Inputgrößen wird anhand des bereits aufgebauten VOFI-Excel-Modells durchgeführt. Dabei werden die Inputgrößen einzeln bezogen auf die jeweilige Investition in Hotels berücksichtigt. Anhand des VOFI-Excel-Modells wird der Basis-Wert der Inputgröße vermindert oder erhöht (je nachdem, wie die Schwankung der Inputgröße die VOFI-Rendite beeinflusst), bis die VOFI-Rendite der Investition die Opportunität erreicht. Der Wert der Inputgröße an dieser Stelle symbolisiert schließlich den kritischen Wert dieser Inputgröße, sodass jede Wertverminderung oder Werterhöhung der Inputgröße an dieser Stellung dazu führt, dass die Rendite die Opportunität unterschreitet.

Anhand der erläuterten Methode wird im Folgenden die kritische-Wert-Rechnung für die erwähnten Inputgrößen für die jeweilige Investition in Hotels durchgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchung werden schließlich mittels der folgenden Tabellen und Diagramme aufgelistet.

---

<sup>179</sup> Vgl. (Hartmut Bieg, 2009, S. 196)

kritische Werte der Investitionskosten (EnEV2007-, und EnEV2014-Hotelvarianten)



	Gebäudehülle		Gebäudetechnik			Gebäudehülle & Gebäudetechnik		Gesamthotelbetrieb
	Fenster	Dämmung	Wärmeversorgungssystem	Lüftungs- und Klimaanlage	Beleuchtung	Gesamtgebäudehülle	Gesamtgebäudetechnik	Gesamthotelbetrieb
base case der Investitionskosten- EnEV2007	262.556,50 €	189.025,73 €	995.411,25 €	686.311,38 €	347.829,00 €	451.582,23 €	2.029.551,63 €	2.481.133,86 €
kritischer Wert der Investitionskosten- EnEV2007	300.265,00 €	230.115,00 €	1.918.400,00 €	1.408.850,00 €	546.250,00 €	530.380,00 €	4.111.250,00 €	4.436.700,00 €
base case der VOFI-EK-Rendite- EnEV2007	6,33%	7,29%	15,98%	16,05%	10,89%	6,76%	14,34%	12,82%
base case der Investitionskosten-EnEV2014	305.762,00 €	267.061,46 €	1.102.577,45 €	732.311,38 €	395.013,50 €	572.823,46 €	2.229.902,33 €	2.802.725,79 €
kritischer Wert der Investitionskosten-EnEV2014	380.420,00 €	341.435,00 €	1.788.480,00 €	1.826.400,00 €	681.720,00 €	721.717,00 €	4.478.100,00 €	5.077.250,00 €
base case der VOFI-EK-Rendite-EnEV2014	7,55%	7,93%	11,48%	18,88	12,17	7,73%	14,23%	12,94%
kritischer Wert der VOFI-EK-Rendite- EnEV2007 und EnEV 2014	2,60%	2,60%	2,60%	2,60%	2,60%	2,60%	2,60%	2,60%

Abbildung 104: kritische Werte der Investitionskosten (EnEV2007-, und EnEV2014-Hotelvarianten)

### 6.3.1.1. Interpretation der Analyse (kritische-Werte-Rechnung) für die Investitionskosten der betrachteten Investitionen in Hotels

Das vorliegende Diagramm gibt Auskunft über die Basis-Werte und die kritischen Werte der Investitionskosten für die Investitionen in Hotels auf Grundlagen der EnEV2007-, und EnEV2014-Anforderungen. Die kritischen Werte stellen dabei die zulässigen Steigerungswerte der Investitionskosten dar, die die VOFI-Rendite auf einem Wert = die Opportunität = 2,6% aber nicht unter diesem Wert senken lassen.

- Bestimmung der zulässigen Steigerungsrate der Investitionskosten (%) am Basis-Wert der Investitionskosten bei jeweiliger berücksichtigter Investition in den Hotels.

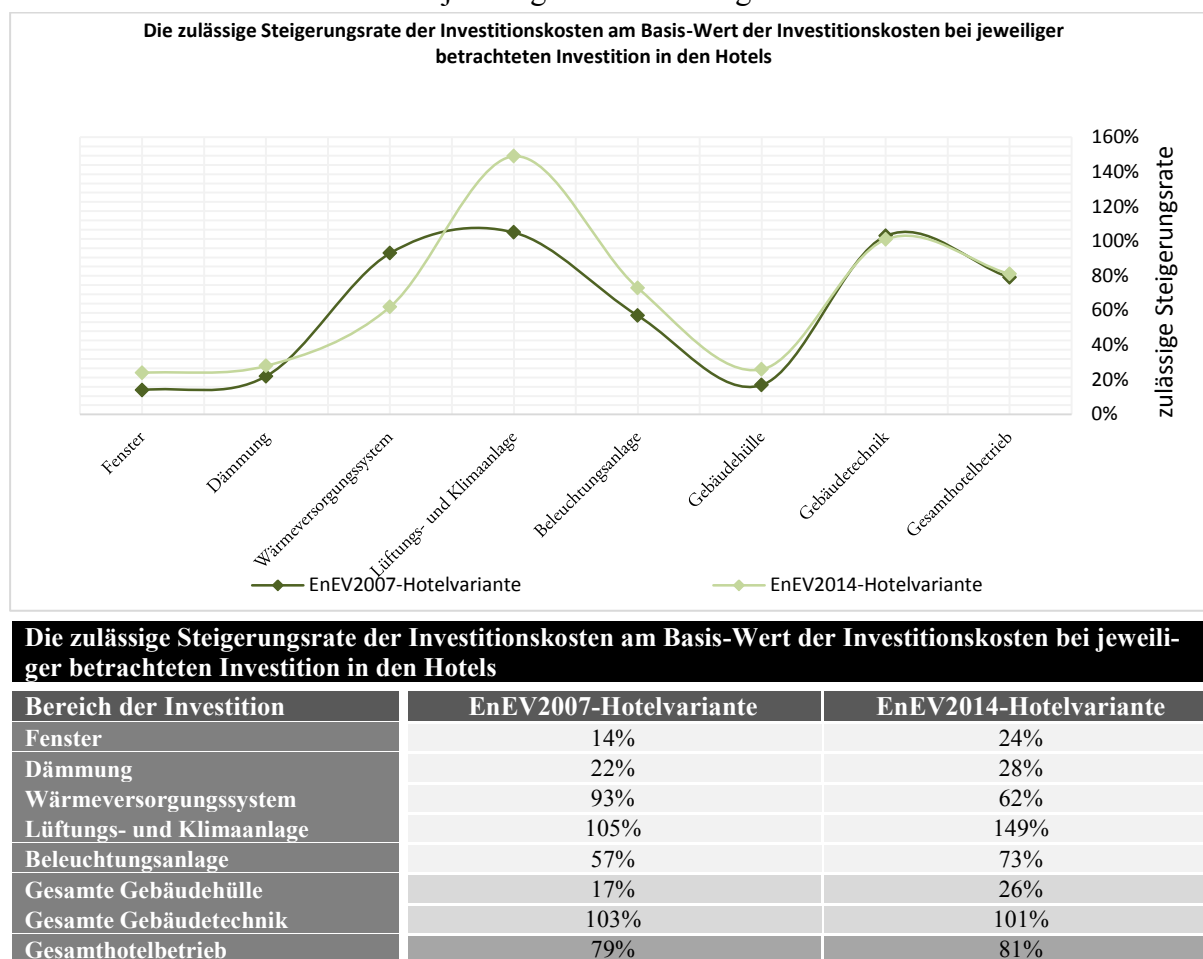


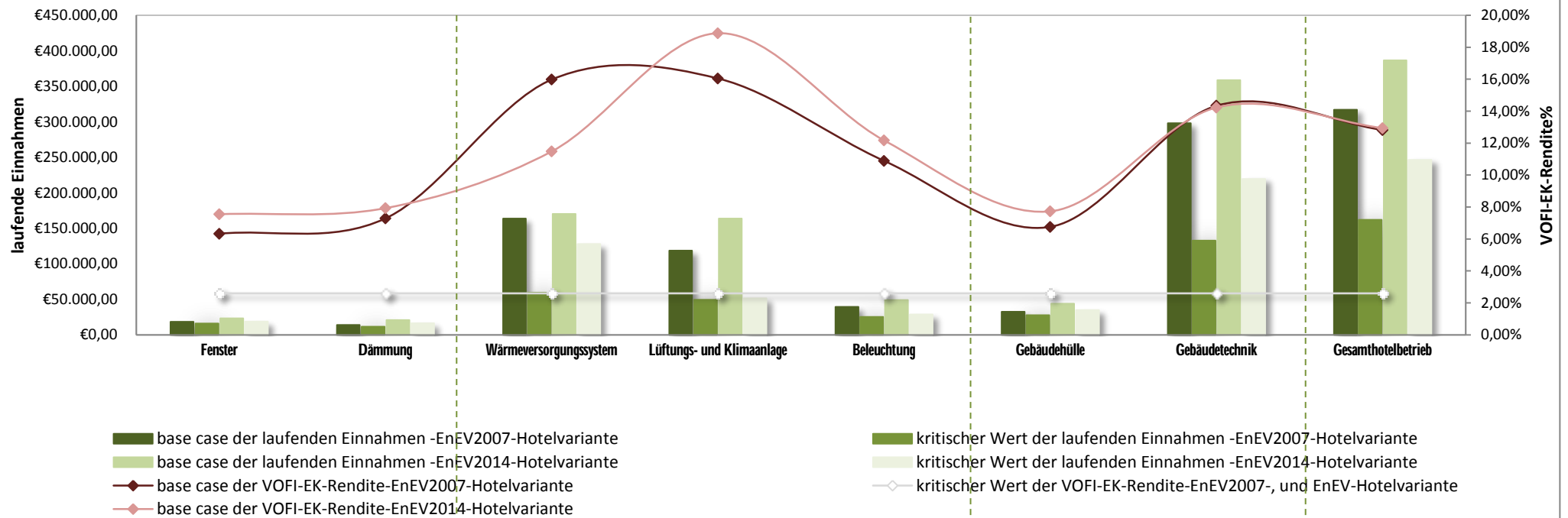
Abbildung 105: Die zulässige Steigerungsrate der Investitionskosten am Basis-Wert der Investitionskosten bei jeweiliger betrachteter Investition in den Hotels

Aus der oben dargestellten Tabelle ist folgendes festzustellen:

Die zulässige Steigerungsrate der Investitionskosten bei den Investitionen in Gebäudetechnik > die zulässige Steigerungsrate der Investitionskosten bei den Investitionen in Gebäudehülle

Die zulässige Steigerungsrate der Investitionskosten bei den Investitionen gemäß EnEV2014-Anforderungen ist überwiegend > als bei den Investitionen gemäß EnEV2007-Anforderungen

kritische Werte der laufenden Einnahmen (EnEV2007-, und EnEV2014-Hotelvarianten)



Gebäudehülle

Gebäudetechnik

Gebäudehülle & Gebäudetechnik

Gesamthotelbetrieb

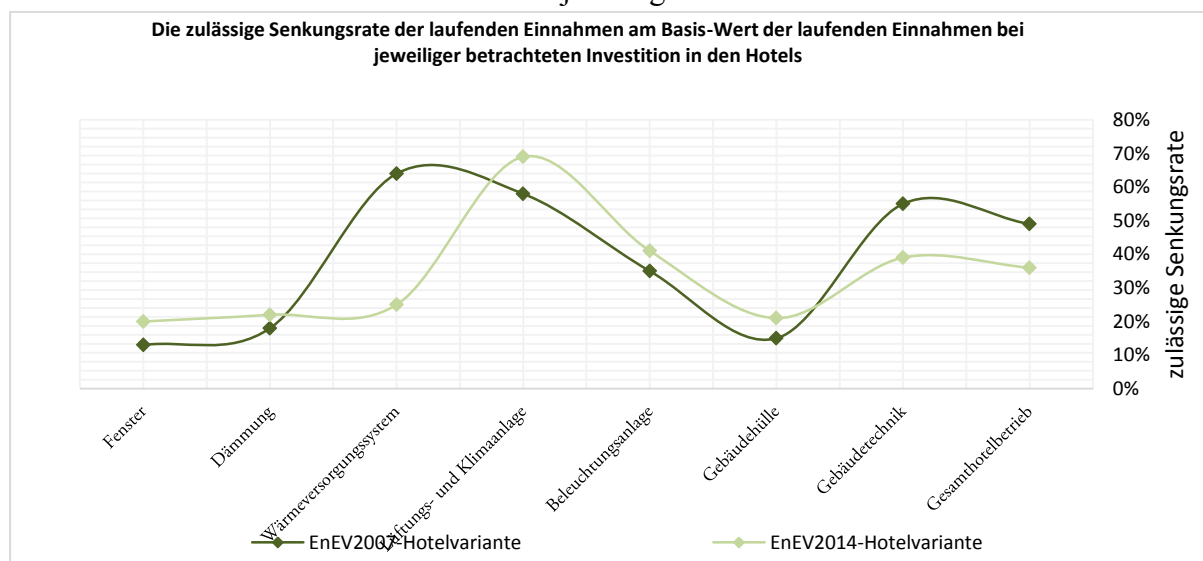
	Fenster	Dämmung	Wärmerversorgungssystem	Lüftungs- und Klimaanlage	Beleuchtung	Gesamtgebäudehülle	Gesamtgebäudetechnik	Gesamthotelbetrieb
base case der Einnahmen - EnEV2007	18.388,55 €	14.090,90 €	163.936,41 €	118.709,22 €	39.531,68 €	32.479,45 €	298.096,71 €	317.259,58 €
kritischer Wert der Einnahmen - EnEV2007	16.077,30 €	11.576,30 €	59.506,20 €	49.408,31 €	25.521,40 €	27.652,30 €	132.763,90 €	161.963,90 €
base case der VOFI-EK-Rendite- EnEV2007	6,33%	7,29%	15,98%	16,05%	10,89%	6,76%	14,34%	12,82%
base case der Einnahmen -EnEV2014	23.210,87 €	20.831,77 €	170.243,76 €	163.780,10 €	49.087,07 €	44.042,65 €	358.659,94 €	386.847,24 €
kritischer Wert der Einnahmen -EnEV2014	18.657,30 €	16.297,30 €	127.856,20 €	51.573,00 €	28.851,40 €	34.952,30 €	219.753,97 €	246.353,97 €
base case der VOFI-EK-Rendite-EnEV2014	7,55%	7,93%	11,48%	18,88	12,17	7,73%	14,23%	12,94%
kritischer Wert der VOFI-EK-Rendite- EnEV2007 und EnEV 2014	2,60%	2,60%	2,60%	2,60%	2,60%	2,60%	2,60%	2,60%

Abbildung 106: kritische Werte der laufenden Einnahmen (EnEV2007-, und EnEV2014-Hotelvarianten)

### 6.3.1.2. Interpretation der Analyse (kritische-Werte-Rechnung) für die laufenden Einnahmen der betrachteten Investitionen in Hotels

Das dargestellte Diagramm schlüsselt die Basis-Werte und die kritischen Werte der laufenden Einnahmen der Investitionen in Hotels auf Grundlagen der EnEV2007-, und EnEV2014-Anforderungen auf. Die kritischen Werte der laufenden Einnahmen repräsentieren hier die zulässigen Senkungswerte der laufenden Einnahmen, die schließlich dazu führen, dass die VOFI-Rendite auf einem Wert = die Opportunität = 2,6% sinkt jedoch diesen Wert nicht unterschreitet.

- Bestimmung der zulässigen Senkungsrate der laufenden Einnahmen (%) am Basis-Wert der laufenden Einnahmen bei jeweiliger betrachteten Investition in den Hotels



**Die zulässige Senkungsrate der laufenden Einnahmen am Basis-Wert der laufenden Einnahmen bei jeweiliger betrachteten Investition in den Hotels**

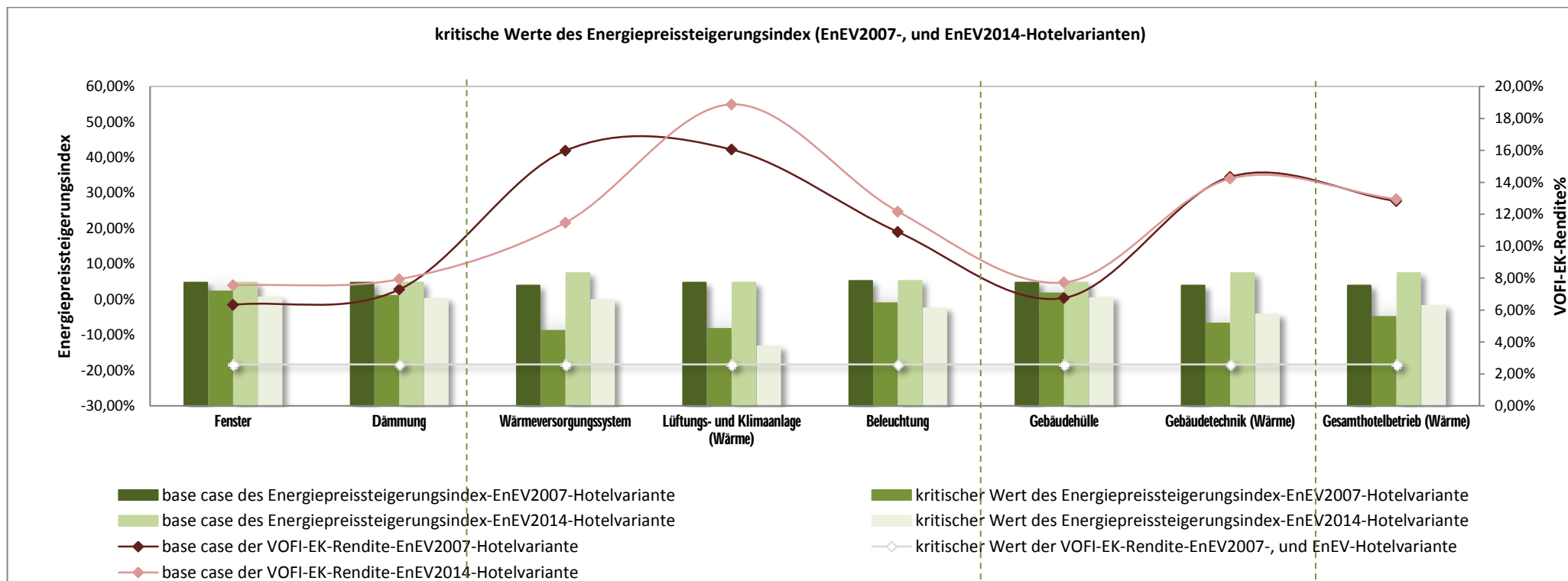
Bereich der Investition	EnEV2007-Hotelvariante	EnEV2014-Hotelvariante
Fenster	13%	20%
Dämmung	18%	22%
Wärmeversorgungssystem	64%	25%
Lüftungs- und Klimaanlage	58%	69%
Beleuchtungsanlage	35%	41%
Gesamte Gebäudehülle	15%	21%
Gesamte Gebäudetechnik	55%	39%
Gesamthotelbetrieb	49%	36%

Abbildung 107: Die zulässige Senkungsrate der laufenden Einnahmen am Basis-Wert der laufenden Einnahmen bei jeweiliger betrachteter Investition in den Hotels

Anhand der oben dargestellten Tabelle ergibt sich:

Die zulässige Senkungsrate der laufenden Einnahmen bei den Investitionen in Gebäudetechnik > die zulässige Senkungsrate der laufenden Einnahmen bei den Investitionen in Gebäudehülle

Die zulässige Senkungsrate der laufenden Einnahmen bei den Investitionen gemäß EnEV2014-Anforderungen ist überwiegend > als bei den Investitionen gemäß EnEV2007-Anforderungen



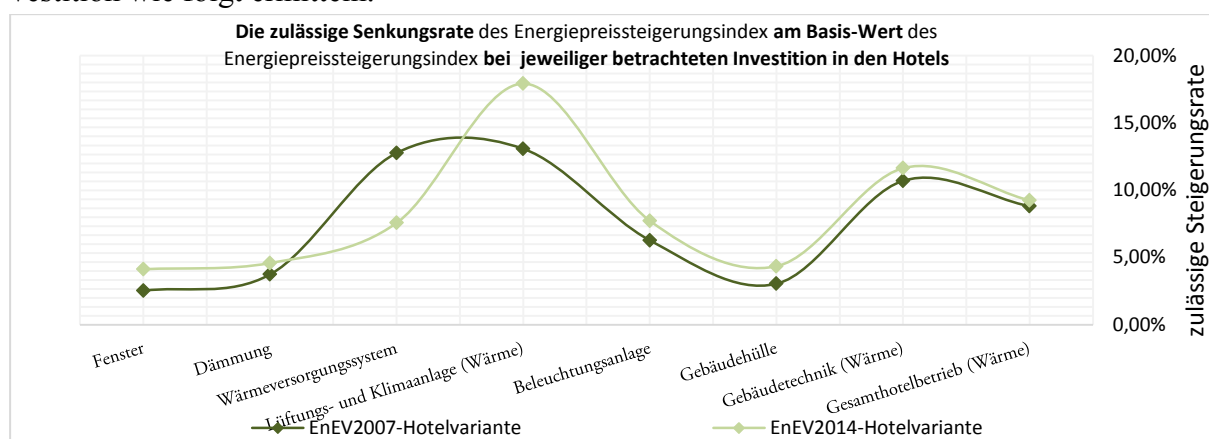
Gebäudehülle	Gebäudetechnik	Gebäudehülle & Gebäudetechnik	Gesamthotelbetrieb
--------------	----------------	-------------------------------	--------------------

	Fenster	Dämmung	Wärmeversorgungssystem	Lüftungs- und Klimaanlage		Beleuchtung	Gesamtgebäudehülle	Gesamtgebäudetechnik		Gesamthotelbetrieb	
				Wärme	Strom			Wärme	Strom	Wärme	Strom
base case des Energiepreisstiegsindex- EnEV2007	4,79%	4,79%	3,93%	4,79%	5,28%	5,28%	4,79%	3,93%	5,28%	3,93%	5,28%
kritischer Wert des Energiepreisstiegsindex- EnEV2007	2,26%	1,05%	-8,84%	-8,29%	-7,79%	-1,00%	1,74%	-6,77%	-5,24%	-4,88%	-3,53%
base case der VOFI-EK-Rendite- EnEV2007	6,33%	7,29%	15,98%	16,05%	16,05%	10,89%	6,76%	14,34%	14,34%	12,82%	12,82%
base case des Energiepreisstiegsindex-EnEV2014	4,79%	4,79%	7,44%	4,79%	5,28%	5,28%	4,79%	7,44%	5,28%	7,44%	5,28%
kritischer Wert des Energiepreisstiegsindex-EnEV2014	0,66%	0,20%	-0,13%	-13,13%	-12,63%	-2,45%	0,44%	-4,20%	-5,64%	-1,80%	-3,96%
base case der VOFI-EK-Rendite-EnEV2014	7,55%	7,93%	11,48%	18,88%	18,88%	12,17%	7,73%	14,23%	14,23%	12,94%	12,94%
kritischer Wert der VOFI-EK-Rendite- EnEV2007 und EnEV 2014	2,60%	2,60%	2,60%	2,60%	2,60%	2,60%	2,60%	2,60%	2,60%	2,60%	2,60%

Abbildung 108: kritische Werte des Energiepreisstiegsindex (EnEV2007-, und EnEV2014-Hotelvarianten)

### 6.3.1.3. Interpretation der Analyse (kritische-Werte-Rechnung) für den Energiepreissteigerungsindex bei den betrachteten Investitionen in Hotels

Die vorhandenen Diagramme dienen dazu, die Basis-Werte und die kritischen Werte des Energiepreissteigerungsindex bei den Investitionen in Hotels auf Grundlagen der EnEV2007-, und EnEV2014-Anforderungen zu ermitteln. Die kritischen Werte des Energiepreissteigerungsindex beziehen sich hier auf die zulässigen Senkungswerte des Energiepreissteigerungsindex, die die VOFI-Rendite auf dem niedrigsten möglichen Wert senken lassen, ohne die Opportunität = 2,6% zu unterschreiten. Die zulässige Senkungsrate des Energiepreissteigerungsindex (%) am Basis-Wert des Energiepreissteigerungsindex lässt sich bei jeweiliger Investition wie folgt ermitteln.



**Die zulässige Senkungsrate des Energiepreissteigerungsindex am Basis-Wert des Energiepreissteigerungsindex bei jeweiliger betrachteten Investition in den Hotels**

Bereich der Investition	EnEV2007-Hotelvariante		EnEV2014-Hotelvariante	
Fenster	2,53%		4,13%	
Dämmung	3,74%		4,59%	
Wärmeversorgungssystem	12,77%		7,57%	
Lüftungs- und Klimaanlage	Wärme: 13,08% Strom: 13,07%		Wärme: 17,92% Strom: 17,91%	
Beleuchtungsanlage	6,28%		7,73%	
Gesamte Gebäudehülle	3,05%		4,35%	
Gesamte Gebäudetechnik	Wärme: 10,70% Strom: 10,52%		Wärme: 11,64% Strom: 10,92%	
Gesamthotelbetrieb	Wärme: 8,81% Strom: 8,81%		Wärme: 9,24% Strom: 9,24%	

Abbildung 109: Die zulässige Senkungsrate des Energiepreissteigerungsindex am Basis-Wert des Energiepreissteigerungsindex bei jeweiliger betrachteter Investition in den Hotels

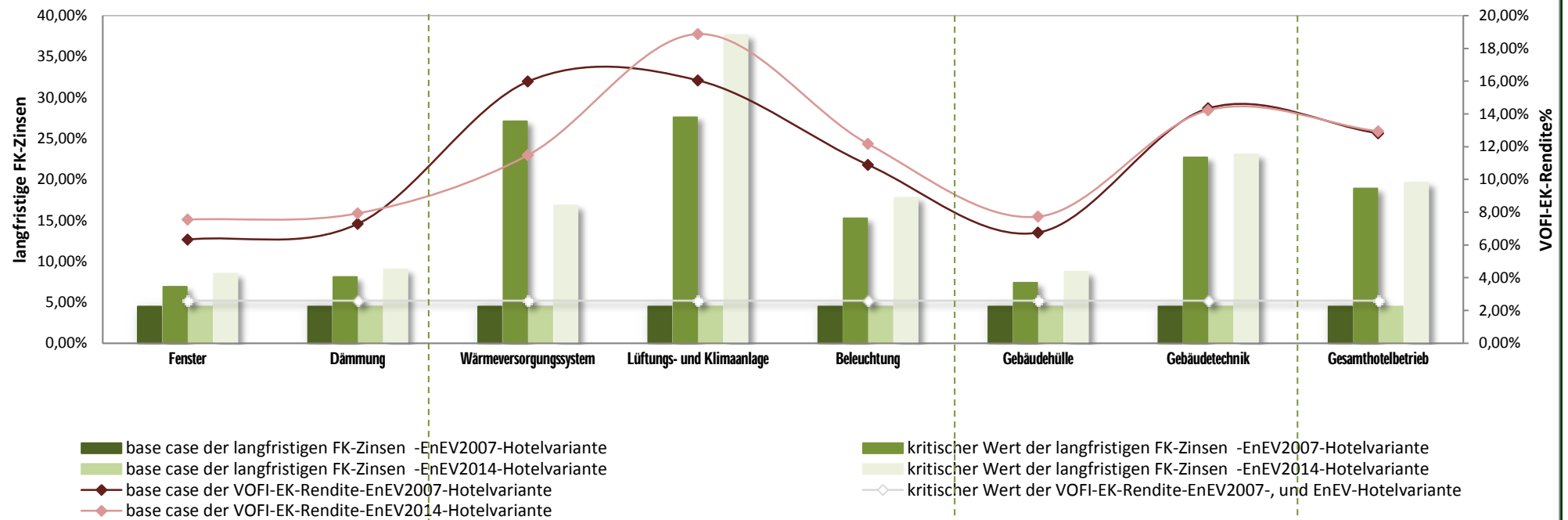
Aus der oben vorliegenden Tabelle ist festzulegen:

Die zulässige Senkungsrate des Energiepreissteigerungsindex bei den Investitionen in die Gebäudetechnik > als bei den Investitionen in die Gebäudehülle

Die zulässige Senkungsrate des Energiepreissteigerungsindex bei den Investitionen gemäß EnEV2014-Anforderungen ist überwiegend > als bei den Investitionen gemäß EnEV2007-Anforderungen



kritische Werte der langfristigen FK-Zinsen (EnEV2007-, und EnEV2014-Hotelvarianten)



Gebäudehülle	Gebäudetechnik				Gebäudehülle & Gebäudetechnik		Gesamthotelbetrieb	
--------------	----------------	--	--	--	-------------------------------	--	--------------------	--

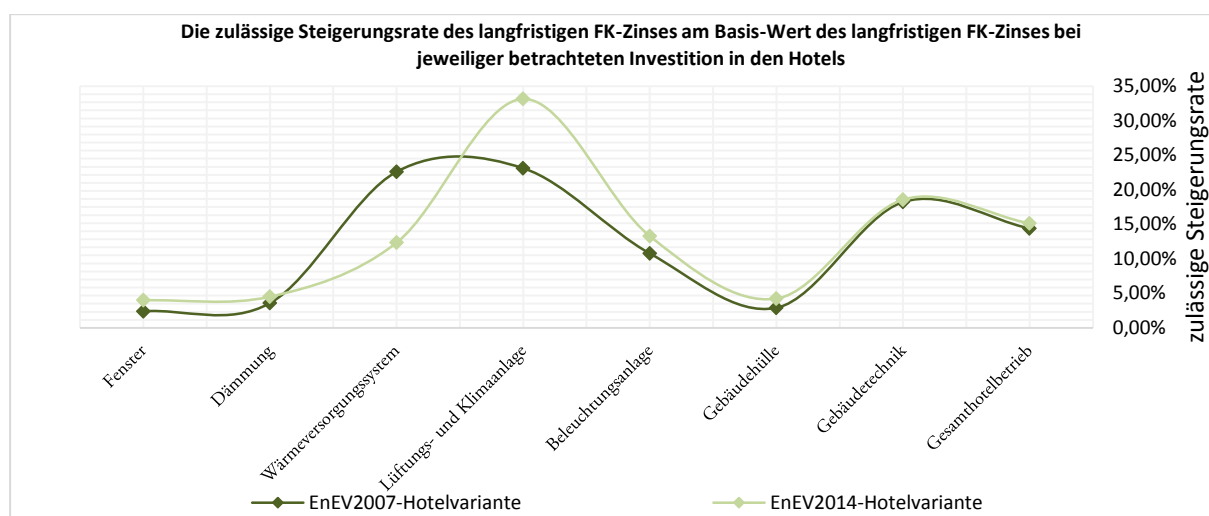
	Fenster	Dämmung	Wärmeversorgungssystem	Lüftungs- und Klimaanlage	Beleuchtung	Gesamtgebäudehülle	Gesamtgebäudetechnik	Gesamthotelbetrieb
base case der langfristigen FK-Zinsen - EnEV2007	4,50%	4,50%	4,50%	4,50%	4,50%	4,50%	4,50%	4,50%
kritischer Wert der langfristigen FK-Zinsen - EnEV2007	6,91%	8,09%	27,11%	27,62%	15,28%	7,41%	22,72%	18,90%
base case der VOFI-EK-Rendite- EnEV2007	6,33%	7,29%	15,98%	16,05%	10,89%	6,76%	14,34%	12,82%
base case der langfristigen FK-Zinsen -EnEV2014	4,50%	4,50%	4,50%	4,50%	4,50%	4,50%	4,50%	4,50%
kritischer Wert der langfristigen FK-Zinsen -EnEV2014	8,49%	9,02%	16,84%	37,65%	17,79%	8,74%	23,07%	19,63%
base case der VOFI-EK-Rendite-EnEV2014	7,55%	7,93%	11,48%	18,88%	12,17%	7,73%	14,23%	12,94%
kritischer Wert der VOFI-EK-Rendite- EnEV2007 und EnEV 2014	2,60%	2,60%	2,60%	2,60%	2,60%	2,60%	2,60%	2,60%

Abbildung 110: kritische Werte der langfristigen FK-Zinsen (EnEV2007-, und EnEV2014-Hotelvarianten)

#### 6.3.1.4. Interpretation der Analyse (kritische-Werte-Rechnung) für den langfristigen FK-Zins bei den betrachteten Investitionen in Hotels

Das vorgestellte Diagramm gibt Auskunft über die Basis-Werte und die kritischen Werte des langfristigen FK-Zinses bei den Investitionen in Hotels auf Grundlagen der EnEV2007-, und EnEV2014-Anforderungen. Die Analyse dient zur Ermittlung der zulässigen Steigerung des langfristigen FK-Zinses bei der jeweiligen Investition, die die VOFI-Rendite zu einem möglichst geringeren Wert senken lässt, ohne die Opportunität zu unterschreiten.

- Ermittlung der zulässigen Steigerungsrate des langfristigen FK-Zinses (%) am Basis-Wert des langfristigen FK-Zinses bei jeweiliger betrachteter Investition in den Hotels.



**Die zulässige Steigerungsrate des langfristigen FK-Zinses am Basis-Wert des langfristigen FK-Zinses bei jeweiliger betrachteten Investition in den Hotels**

Bereich der Investition	EnEV2007-Hotelvariante	EnEV2014-Hotelvariante
Fenster	2,41%	3,99%
Dämmung	3,59%	4,52%
Wärmeversorgungssystem	22,61%	12,34%
Lüftungs- und Klimaanlage	23,12%	33,15%
Beleuchtungsanlage	10,78%	13,29%
Gesamte Gebäudehülle	2,91%	4,24%
Gesamte Gebäudetechnik	18,22%	18,57%
Gesamthotelbetrieb	14,40%	15,13%

Abbildung 111: Die zulässige Steigerungsrate des langfristigen FK-Zinses am Basis-Wert des langfristigen FK-Zinses bei jeweiliger betrachteter Investition in den Hotels

Anhand der oben dargestellten Tabelle ergibt sich:

Die zulässige Steigerungsrate des langfristigen FK-Zinses bei den Investitionen in die Gebäudetechnik > als bei den Investitionen in die Gebäudehülle

Die zulässige Steigerungsrate des langfristigen FK-Zinses bei den Investitionen gemäß EnEV2014-Anforderungen ist überwiegend > als bei den Investitionen gemäß EnEV2007-Anforderungen

### 6.3.2. Zusammenfassung der Analyse (kritische-Werte-Rechnung)

Die Analyse (*kritische-Werte-Rechnung*) befasst sich also mit der Ermittlung der zulässigen Abweichung der jeweiligen Inputgröße der Investitionsrechnung bei den betrachteten Investitionen in den Hotels. Dabei wurden die Inputgrößen: Investitionskosten, laufende Einnahmen, Energiepreissteigerungsindex und langfristiger FK-Zins, grundlegend in Erwägung gezogen.

Anhand der Ergebnisse der Analyse kann in erster Linie folgendes festgestellt werden:

Die Investitionen im Bereich der Gebäudetechnik weisen höhere zulässige Abweichungswerte bei den Inputgrößen gegenüber den Investitionen im Bereich der Gebäudehülle auf. Dies ist sowohl in Hinsicht auf die Investitionen in die einzelnen technischen Anlagen als auch im Gesamtbereich der Gebäudetechnik und bezogen auf die beiden untersuchten EnEV-Hotelvarianten festzustellen.

Das vorliegende Ergebnis lässt sich wie folgt interpretieren: Die höheren zulässigen Abweichungswerte der Inputgrößen bei der Investition im Bereich der Gebäudetechnik gegenüber der Investition im Bereich der Gebäudehülle ermöglichen also, dass die Investition in die Gebäudetechnik trotz der möglichen Abweichung der Inputgrößen wie:

- Steigerung der Investitionskosten
- Senkung der laufenden Einnahmen
- Senkung des Energiepreissteigerungsindex
- Steigerung des Langfristiger FK-Zinses

höhere Chancen gegenüber der Investition in Gebäudehülle hat, seine Vorteilhaftigkeit aufrechtzuhalten und sich somit als vorteilhaftere Investitionsvariante zu erweisen.

Anhand der Analyse (*kritische-Werte-Rechnung*) kann darüber hinaus weitere Schlussfolgerung festgestellt werden und ist wie folgt zusammenzufassen.

Die Investitionen in Hotels gemäß den EnEV2014-Anforderungen weisen überwiegend höhere zulässige Abweichungswerte bei den Inputgrößen gegenüber den Investitionen auf Grundlagen der EnEV2007-Anforderungen auf. Infolgedessen stellen sich die Investitionen auf Grundlagen der EnEV2014-Anforderungen bei Hotels als vorteilhaftere Alternativen dar.

## ***Kapitel VI***

### ***Zusammenfassung, Fazit und Anhang***

- *Ergebnisse der empirischen Untersuchung*
- *Ergebnisse der energetischen Untersuchung*
- *Ergebnisse der wirtschaftlichen Untersuchung*

## **7. Zusammenfassung der vorliegenden Arbeit und deren Ergebnisse**

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Thema „Stadthotels in Deutschland zwischen Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit“. Die Arbeit wurde unter besonderer Berücksichtigung der EnEV-Anforderungen durchgeführt und ist anhand von mehreren Arbeitsphasen aufgebaut, welche wie folgt zu gliedern sind:

- Theoretische Grundlagen
- Empirische Untersuchung
- Energetische Untersuchung
- Wirtschaftliche Untersuchung

Jede einzelne Arbeitsphase wurde anhand von einer bestimmten Methodik und Zielsetzung aufgebaut und ausgeführt, die die Arbeit im Ganzen dienen. Die Grundsätze, Zielsetzungen und Schlussfolgerungen der jeweiligen Arbeitsphase können anschließend wie folgt zusammengefasst werden.

### **7.1. Die theoretischen Grundlagen**

Die theoretischen Grundlagen stellen die Basis der vorliegenden Arbeit dar und wurden in zwei Abschnitte gegliedert: theoretische Grundlagen über die Arbeit insgesamt (Zielsetzung, Methodik und Gliederung, Problemstellung und Forschungsstand); theoretische Grundlagen in Hinsicht auf die Themen (Energieeffizienz und EnEV-Anforderungen). Das Ziel der theoretischen Grundlagen besteht darin, sich einen Blick über die Basis, Prämisse und Voraussetzungen der Arbeit sowie auch über die EnEV-Anforderungen und deren Randbedingungen als maßgeblicher Bestandteil der Arbeit zu verschaffen.

### **7.2. Die empirische Untersuchung**

Im zweiten Kapitel befasst sich die vorliegende Arbeit mit einer empirischen Untersuchung über die Energieeffizienz bei Stadthotels in Deutschland. Die empirische Untersuchung beleuchtet dabei, die Situation der Stadthotels in Deutschland in Hinsicht auf die Energieeffizienz und trägt gleichermaßen dazu bei, Einflussfaktoren, Indikatoren und Benchmarks zur Steigerung der Energieeffizienz in Stadthotel zu identifizieren. Dabei wurden Daten und Zusammenhänge in verschiedenen Ebenen erfasst und ausgewertet. Diese umfassen:

- Auswertung der Energiesituation und Energiekosten der untersuchten Hotels
- Auswertung der Hoteldaten (allgemeine Daten, Gebäudetechnik und Gebäudehülle)
- Auswertung der vorhandenen Energiesparmaßnahmen

Bei der **Auswertung der Energiesituation und Energiekosten** in den Hotels wurden grundsätzlich drei wichtige Aspekte berücksichtigt: die Beurteilung der Aufteilung von Energieverbrauch und Energiekosten (Wärme, Strom), die Beurteilung des spezifischen Energie- und Warmwasserverbrauchs für das jeweilig untersuchte Hotel, als auch die Beurteilung der Energiekosten am Umsatz der Hotels. In diesem Abschnitt wurde besonderes Augenmerk darauf gelegt, sich einen Überblick über die Situation der erforschten Stadthotels bezogen auf den

Energie- und Warmwasserverbrauch sowie auch auf die Energiekosten bei den Hotels zu verschaffen. Der zweite Abschnitt der Untersuchung legt den Fokus auf die **Auswertung der Hoteldaten**. In diesem Abschnitt wurden die erfassten Hotels hinsichtlich der folgenden Aspekte beurteilt: allgemeine Hoteldaten, Stand der Technik und Stand des baulichen Wärmeschutzes der Hotels. Dabei wurde darauf abgezielt, die Situation der untersuchten Hotels bezogen auf die erwähnten Aspekte zu beleuchten. Der dritte Abschnitt der Untersuchung behandelte die **Auswertung der vorhandenen Energiesparmaßnahmen**. Dabei wurden die vorhandenen Energiesparmaßnahmen bei den erfassten Hotels in den Bereichen Gebäudehülle und Gebäudetechnik bezogen auf den Energieverbrauch beurteilt. Im Bereich der Gebäudetechnik gliederte sich die Beurteilung in die folgenden zwei Ebenen:

- Beurteilung der Durchführung von Energiesparmaßnahmen im jeweiligen Bestandteil der Gebäudetechnik.
- Beurteilung der Wirksamkeit der durchgeführten Maßnahmen auf die Verringerung des Energieverbrauchs.

Aus der resultierenden Analyse wurde festgestellt, dass die Durchführung von Energiesparmaßnahmen im Bereich der Gebäudetechnik einen eindeutigen Einfluss auf die Verringerung des Energieverbrauchs der Hotels zur Folge hat. Hier wird offensichtlich, dass die Optimierung der Gebäudetechnik als eine bedeutende Maßnahme zur Steigerung der Energieeffizienz in Hotels in Frage kommt.

Neben der Beurteilung der Gebäudetechnik der Hotels wurden weiterhin die Energiesparmaßnahmen im Bereich der Gebäudehülle thematisiert. Die Auswertung erfolgte dabei auf zwei Ebenen:

- Beurteilung der energetischen Qualität der Gebäudehülle bezogen auf die vorhandene Wärmedämmung. Dabei wurden grundsätzlich die Dämmungsdicke und deren Anbringung in Erwägung gezogen.
- Beurteilung der energetischen Qualität der Gebäudehülle bezogen auf die U-Werte der eingesetzten Fenster.

Die Analyse im Bereich der Gebäudehülle hat weiterführend erwiesen, dass die Optimierung der Gebäudehülle bezogen auf die Bauteile (Wärmedämmung und Fenster) einen wirksamen Einfluss auf die Verringerung des Wärmeverbrauchs ausübt. Ausgehend von diesem Gesichtspunkt stellt die Verbesserung der energetischen Qualität der Gebäudehülle einen weiteren bedeutenden Aspekt dar, welcher im Rahmen der Steigerung der Energieeffizienz bei Hotels ebenso zu berücksichtigen ist. Anschließend ist aus der Analyse der empirischen Untersuchung die folgende Schlussfolgerung ersichtlich:

Die Gebäudetechnik und die Gebäudehülle stellen zwei wesentliche Bestandteile eines Hotels dar, die eine zentrale und effektive Rolle bei der Steigerung der Energieeffizienz der Hotels spielen können.

### 7.3. Die energetische Untersuchung

Die energetische Untersuchung repräsentiert eine weitere Arbeitsphase im Rahmen der vorliegenden Arbeit und stellt sich als eine ergänzende Analyse zu der empirischen Untersuchung dar.

Mittels der empirischen Untersuchung wurde abschließend festgestellt, dass die Optimierung der Hotelbereiche (Gebäudehülle und Gebäudetechnik) zur Steigerung der Energieeffizienz in Hotels von großer Bedeutung ist. Diesen Gesichtspunkt wurde im Rahmen der energetischen Untersuchung weiter analysiert und diskutiert. Dabei befasst sich die Untersuchung mit der folgenden Fragestellung:

„Durch die Optimierung der Gebäudehülle und Gebäudetechnik der Hotels werden Energiesparpotenziale erzielt, welche in Folge dazu führen, die Energieeffizienz in Hotels zu steigern. Die Fragestellung bezieht sich hier darauf: Welcher Bereich - Gebäudehülle vs. Gebäudetechnik – weist den effektiveren Einfluss auf die Verringerung des Energiebedarfs und somit auf die Steigerung der Energieeffizienz in Hotels auf?“

Neben der Berücksichtigung der gesamten Hotelbereiche (Gebäudehülle vs. Gebäudetechnik) wurden bei der Untersuchung außerdem zusätzliche Fallstudien in Erwägung gezogen. Diese beziehen sich einerseits auf die Beurteilung der Energiesparpotenziale durch die Optimierung der einzelnen Bestandteile der Gebäudehülle und Gebäudetechnik und andererseits auf die Beurteilung der Energiesparpotenziale durch die Optimierung des Gesamthotelbetriebs auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen.

Die Zielsetzung der energetischen Untersuchung befasst sich also schließlich mit der Beurteilung der Energiesparpotenziale bei Hotels, die durch die Optimierung des Gesamthotelbetriebs, des jeweiligen Bereiches (Gebäudehülle und Gebäudetechnik) einschließlich der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle und einzelnen technischen Anlagen gemäß den EnEV-Anforderungen realisiert werden können.

Die Bestimmung der Energiesparpotenziale, welche durch die EnEV-Anforderungen bei den Hotels erreicht werden können, wurde prinzipiell durch den Vergleich des Energiebedarfs von zwei Hotelvarianten (Standard-Hotelvariante und EnEV-Hotelvariante) durchgeführt. Die EnEV-Hotelvariante wurde weiterhin in zwei Alternativen unterteilt. Diese umfassen: EnEV2007-, und EnEV2014-Hotelvariante

Zur Durchführung der Untersuchung wurde eine Methodik entwickelt. Die Grundlage der Methodik basiert auf der Beurteilung der Energiesparpotenziale in den Hotels anhand von drei Szenarien, welche wiederum die Zielsetzung der Untersuchung ausmachen. Die Szenarien umfassen:

- **Szenario1:** Optimierung der Gebäudehülle
- **Szenario2:** Optimierung der Gebäudetechnik
- **Szenario3:** Optimierung des Gesamthotelbetriebs

Die Untersuchung lässt letztendlich mehrere Schlussfolgerungen zu, die schließlich wie folgt zusammenzufassen sind:

***Schlussfolgerung 1:***

Durch die Übertragung von EnEV-Anforderungen auf Stadthotels können Energiesparpotenziale realisiert werden. Die Höhe der Energiesparpotenziale variiert entsprechend der EnEV-Anforderungen und dem Stand des Hotels. Bezogen auf die Randbedingung der vorliegenden Arbeit können diese schließlich wie folgt ermittelt werden: 37% des gesamten Energiebedarfs kann durch die Optimierung des Hotelbetriebs gemäß den EnEV2007-Anforderungen eingespart werden. Diese steigt gemäß den EnEV2014-Anforderungen weiter und liegt bei 52.28%.

***Schlussfolgerung 2:***

Die Energiesparpotenziale können durch die Optimierung vom jeweiligen Hotelbereich (Gebäudehülle und Gebäudetechnik) auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen erzielt werden. Dabei ist jedoch festzustellen, dass die Optimierung der Gebäudetechnik der Hotels den maßgeblicheren Einfluss auf die Verringerung des Energiebedarfs gegenüber der Gebäudehülle aufweist und somit zu höheren Energiesparpotenzialen führt. Diese betragen schließlich: 83% (Gebäudetechnik-EnEV2007-Hotelvariante) vs. 17% (Gebäudehülle-EnEV2007-Hotelvariante) und 84% (Gebäudetechnik-EnEV2014-Hotelvariante) vs. 16% (Gebäudehülle-EnEV2014-Hotelvariante).

***Schlussfolgerung 3:***

Im Bereich der Gebäudehülle weist die Optimierung der einzelnen Bauteile (Fenster, Dämmung) konvergente Ergebnisse hinsichtlich der Energiesparpotenziale auf. Jedoch zeigt die Optimierung der transparenten Bauteile (Fenster) auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen einen effektiveren Einfluss auf die Verbesserung der energetischen Qualität der Gebäudehülle und somit auf die Verminderung des Wärmebedarfs der Hotels gegenüber der Optimierung der Wärmedämmung auf.

***Schlussfolgerung 4:***

Im Bereich der Gebäudetechnik weist die Optimierung der einzelnen technischen Anlagen abweichende Energiesparpotenziale auf. Dabei stellt die Optimierung der Lüftungs- und Klimaanlage und des Wärmeversorgungssystems auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen wirksamere Maßnahmen zur Verringerung des Energiebedarfs der Hotels gegenüber der Beleuchtungsanlage dar.

***Schlussfolgerung 5:***

In Anbetracht der analysierten EnEV-Hotelvarianten ist festzustellen, dass die EnEV2014-Hotelvariante sich als führende Version gegenüber der EnEV2007-Hotelvariante bezogen auf die Energiesparpotenziale in allen durchgeführten Szenarien und Fallstudien positionieren kann.



#### **7.4. Die wirtschaftliche Untersuchung**

Als weitere wichtige Phase der vorliegenden Arbeit gliedert sich die wirtschaftliche Untersuchung ein. Die wirtschaftliche Untersuchung bildet einen ergänzenden Prozess zu der energetischen Untersuchung und hat die Zielsetzung, die Wirtschaftlichkeit der durchgeführten Investitionen bei den Hotels auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen zu ermitteln und zu beurteilen. Dabei befasste sich die wirtschaftliche Untersuchung mit der folgenden Fragestellung:

„Wie verhält es sich mit der Wirtschaftlichkeit der EnEV-Anforderungen in Stadthotels und in welchem Bereich (Gebäudehülle und Gebäudetechnik) wäre die Investition vorteilhafter? Weiterhin ist zu untersuchen wie es sich mit der Wirtschaftlichkeit der Investition in den einzelnen Bestandteilen der erwähnten Bereiche verhält“.

Die vorliegende Fragestellung stellte den Ausgangspunkt der wirtschaftlichen Untersuchung dar, welche im Laufe der Analyse weiter diskutiert und analysiert wurde. Die Wirtschaftliche Untersuchung wurde grundsätzlich anhand von zwei Arbeitsphasen durchgeführt. Diese umfassen

- Investitionsrechnung für die betrachteten Investitionen in Hotels
- Sensitivitätsanalyse, die dazu dient:
  - Die Ermittlung des Einflusses der Abweichung der vorhandenen Inputgrößen auf die Zielgrößen der Investitionsrechnung
  - Die Ermittlung der zulässigen Abweichungswerte der berücksichtigten Inputgrößen (*kritische-Werte-Rechnung*)

##### **7.4.1. Investitionsrechnung**

Die Investitionsrechnung stellte die Grundlage der wirtschaftlichen Untersuchung und wurde anhand von mehreren Vorprozessen konstruiert, diese umfassen: die Definition und Erläuterung der Methode der Investitionsrechnung (vollständige Finanzpläne-VOFI), Datenermittlung zur Investitionsrechnung bezogen auf die vorliegende Arbeit, sowie dem anschließenden Aufbau des VOFI-Excel-Modells.

Auf dem Fundament des VOFI-Excel-Modells wurde die Investitionsrechnung für die betrachteten Investitionen in den Hotels durchgeführt. Die Investitionsrechnung erfolgte mit einer bestimmten Methodik, die schließlich dazu diente, die Wirtschaftlichkeit der Investitionen in den Hotels für die im Folgenden genannten Investitionsszenarien zu beurteilen.

- **Szenario1:** Investition in die Gebäudehülle
- **Szenario2:** Investition in die Gebäudetechnik
- **Szenario3:** Investition in den Gesamthotelbetrieb

Mittels der Investitionsrechnung für die betrachteten Investitionsszenarien wurden schließlich mehrere Schlussfolgerungen festgestellt, welche letztlich wie folgt zu gliedern sind:

### ***Schlussfolgerung 1:***

Die Steigerung der Energieeffizienz bei Stadthotels auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen steht in einer Relation mit wirtschaftlicher Vorteilhaftigkeit.

Anhand der Ergebnisse der energetischen und wirtschaftlichen Untersuchungen ist festzustellen, dass die Investitionen, die hohe Energieeinsparpotenziale realisiert haben, zur Folge auch hohe Renditen sowie auch kurze Amortisationszeiträume aufweisen.

### ***Schlussfolgerung 2:***

Die Investition im Gesamthotelbetrieb auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen stellt sich nach Ablauf des 15 jährigen Investitionszeitraumes als vorteilhaft dar. Dies ist bezogen auf die beiden EnEV-Hotelvarianten folgendermaßen festzulegen: bei der EnEV2007-Hotelvariante beträgt die VOFI-Rendite 12,82%. Während bei der EnEV2014-Hotelvariante die VOFI-Rendite bei 12,94% ein Stück weit höher liegt. Dabei amortisieren sich die beiden Hotelvarianten in einem Zeitraum von 7 Jahren.

### ***Schlussfolgerung 3:***

Im Vergleich der Vorteilhaftigkeit der Investitionen in den Hotelbereichen (Gebäudehülle vs. Gebäudetechnik) ist festzustellen, dass sich die Investition in die Gebäudetechnik auf Grundlagen der beiden untersuchten EnEV-Anforderungen sowie auch bezogen auf die VOFI-EK-Rendite und den Amortisationszeitraum als deutlich vorteilhafter gegenüber der Investition in die Gebäudehülle erweist.

### ***Schlussfolgerung 4:***

Anhand der wirtschaftlichen Untersuchung im Bereich der Gebäudehülle der Hotels ist festzustellen, dass die Investition in die Gebäudehülle nach Ablauf des 15 jährigen Investitionszeitraumes vorteilhaft ist. Dabei stellt die Investition im Bereich der Dämmung auf Grundlagen der beiden untersuchten EnEV-Anforderungen eine vorteilhaftere Alternative gegenüber der Investition im Bereich der Fenster. Dies ist schließlich bezogen auf die VOFI-EK-Rendite und den Amortisationszeitraum in beiden Fällen zutreffend.

### ***Schlussfolgerung 5:***

Mittels der wirtschaftlichen Untersuchung im Bereich der Gebäudetechnik der Hotels ist festzulegen, dass sich die Investition in die Gebäudetechnik am Ende des geplanten Investitionszeitraumes als vorteilhafte Variante darstellt. Weiterhin ist bezogen auf die Investition in den einzelnen technischen Anlagen festzustellen, dass die Investitionen in die Lüftungs- und Klimaanlage der Hotels auf Grundlagen der beiden untersuchten EnEV-Anforderungen am Vorteilhaftesten gegenüber den Investitionen in den restlichen untersuchten technischen Anlagen sind. Dies ist ebenso hinsichtlich der VOFI-EK-Rendite und des Amortisationszeitraumes festzustellen.

#### 7.4.2. Sensitivitätsanalyse

Ergänzend zur Investitionsrechnung wurde im Rahmen der wirtschaftlichen Untersuchung weiterhin eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Die Sensitivitätsanalyse bildete eine analytische Untersuchung für die bereits durchgeführte Investitionsrechnung, die sich vornehmlich damit beschäftigt:

- Die Auswirkung der Schwankung jeweiliger Inputgröße auf die Zielgrößen der Investitionsrechnung zu beurteilen und somit die Inputgröße, die den maßgeblichen Einfluss auf die Zielgrößen der Investitionsrechnung aufweisen, zu ermitteln
- Die Zulässige Abweichung jeweiliger Inputgröße bzw. der kritische Wert der jeweiligen Inputgröße zu bestimmen

Die Sensitivitätsanalyse in Hinsicht auf die Ermittlung des Einflusses der Schwankung der jeweiligen Inputgröße auf die Zielgrößen der Investitionsrechnung brachte schließlich die folgenden Schlussfolgerungen hervor:

##### **Schlussfolgerung 1:**

Die Untersuchung deutet darauf hin, dass die betrachteten Inputgrößen durch deren Abweichungen die Zielgrößen in deutlichem als auch unterschiedlichem Maße beeinflussen. Dabei ist festzuhalten, dass die Inputgrößen (laufende Einnahmen und Investitionskosten) die einflussreichsten Faktoren auf die VOFI-Rendite sowie auch auf den Amortisationszeitraum der Investitionen in Hotels auf Grundlagen der EnEV2007-, und EnEV2014-Anforderungen verkörpern und somit im Rahmen der Investitionsentscheidung besonders zu berücksichtigen sind.

##### **Schlussfolgerung 2:**

Anhand der Ergebnisse der Untersuchung ist darüber hinaus zu beobachten, dass die Inputgrößen (Energiepreisssteigerungsindex und langfristiger FK-Zins) sich eher als mittelmäßige Einflussfaktoren auf die Zielgrößen der Investitionsrechnung repräsentieren, während die Inputgrößen (Eigenkapitalsatz, Habenzinssatz und Instandhaltungskosten) deren Schwankungen zu minimalen Abweichungen bei den Zielgrößen führen, den geringsten Einfluss auf die Zielgrößen der Investitionen haben.

Anschließend ist mittels der Analyse (*kritische-Werte-Rechnung*) bzw. die Ermittlung der zulässigen Abweichungswerte der vorhandenen Inputgrößen zu definieren:

##### **Schlussfolgerung 3:**

Die Investitionen im Bereich der Gebäudetechnik weisen höhere zulässige Abweichungswerte bei den Inputgrößen gegenüber den Investitionen im Bereich der Gebäudehülle auf. Dies ist schließlich in Anbetracht der Investitionen in die einzelnen technischen Anlagen sowie auch im Gesamtbereich der Gebäudetechnik und bezogen auf die beiden untersuchten EnEV-Hotelvarianten zu dokumentieren. Somit erweist sich die Investition in die Gebäudetechnik als vorteilhaftere Investitionsvariante.

***Schlussfolgerung 4:***

Die Investitionen in Hotels gemäß den EnEV2014-Anforderungen weisen überwiegend höhere zulässige Abweichungswerte bei den Inputgrößen gegenüber den Investitionen auf Grundlagen der EnEV2007-Anforderungen auf. Infolgedessen stellen sich die Investitionen auf Grundlagen der EnEV2014-Anforderungen in Hotels als vorteilhaftere Alternativen dar.

## 8. Fazit

Die vorliegende Arbeit setzt sich mit einer qualitativen und quantitativen Analyse über die Energieeffizienz auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen und deren Wirtschaftlichkeit bei Stadthotels in Deutschland auseinander und wurde anhand von verschiedenen Untersuchungen bei Hotels aufgebaut, diese umfassen: empirische, energetische und wirtschaftliche Untersuchungen.

Die durchgeführten Untersuchungen kommen zu eindeutigen Ergebnissen. Festgestellt wurde aber in erster Linie, dass die Optimierung der technischen Anlagen der Hotels sowie auch die Verbesserung der energetischen Qualität der Gebäudehülle bedeutende Einflussfaktoren zur Steigerung der Energieeffizienz der Hotels darstellen. Berücksichtigt werden soll dabei jedoch, möglichst integrierte Maßnahmen in beiden Bereichen (guter Wärmeschutz und verbesserte technischen Anlagen) zu etablieren. Im Vergleich der Maßnahmen (Gebäudehülle vs. Gebäudetechnik) ist anzumerken, dass die Optimierung der Gebäudetechnik auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen eine besonders effektivere Alternative zur Steigerung der Energieeffizienz der Hotels gegenüber der Gebäudehülle darstellt. Dies ist insbesondere in den Bereichen Lüftungs- und Klimaanlage und Wärmeversorgungssystem der Hotels zu beobachten.

Neben der Steigerung der Energieeffizienz anhand der EnEV-Anforderungen in den Hotels ist weiterhin von großem Interesse, wie es sich mit der Wirtschaftlichkeit der Investition in Hotels auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen verhält. Die wirtschaftliche Analyse gelangt zum Schluss, dass die Investition zur Steigerung der Energieeffizienz im Hotelbetrieb auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen mit wirtschaftlicher Vorteilhaftigkeit verbunden sein kann. Wichtig dabei ist aber, dass die Investition im Bereich der Gebäudetechnik der Hotels besonders berücksichtigt wird. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Investition im Bereich der Gebäudetechnik deutlich höhere Wirtschaftlichkeit sowohl in Hinsicht auf die Rendite als auch auf den Amortisationszeitraum gegenüber der Investition im Bereich der Gebäudehülle der Hotels aufweist. Besondere hohe Wirtschaftlichkeit kann dabei durch die Investitionen in Bereichen Lüftungs- und Klimaanlage und Wärmeversorgungssystem (EnEV2007) realisiert werden.

Die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit der Investition bei Hotels auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen kann von mehreren Faktoren beeinflusst werden. Die einflussreichsten Faktoren können gemäß der wirtschaftlichen Untersuchung in zwei Inputgrößen gegliedert werden, diese umfassen: die Investitionskosten und die laufenden Einnahmen. Zur Folge sind diese im Rahmen der Investition bei Hotels auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen besonders zu berücksichtigen.



## ***Literaturverzeichnis***

- Andreas Weglage, T. G. (2008). *Energieausweis - Das große Kompendium: Grundlagen - Erstellung – Haftung*. Wiesbaden : © Vieweg+Teubner, GWV Fachverlage GmbH.
- Aubeck, H. J. (2012). *Wirtschaftsmathematik für Schule und Ausbildung*. Norderstedt: BoD – Books on Demand.
- Bahr, C. (2008). *Realdatenanalyse zum Instandhaltungsaufwand öffentlicher Hochbauten: ein Beitrag zur Budgetierung*. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing.
- Bernhard Lenz, J. S. (2010). *Nachhaltige Gebäudetechnik: Grundlagen - Systeme – Konzepte*. Walter De Gruyter Incorporated.
- Bernhard Weller, M.-S. F. (2012). *Denkmal und Energie*. Wiesbaden : Springer-Verlag.
- Bösch, M. (2013). *Finanzwirtschaft: Investition, Finanzierung, Finanzmärkte und Steuerung*. München : Vahlen.
- Brocke, J. v. (2011). *Serviceorientierte Architekturen - SOA: Management und Controlling von Geschäftsprozessen*. München: Vahlen.
- Christoph Rohde, D. E. (2008). *Die Energieeinsparverordnung 2007*. Hamburg: diplom.de.
- Danyel T. Reiche, M. B. (2005). *Grundlagen Der Energiepolitik*. Frankfurt: Peter Lang.
- Doleschal, M. (2008). *Entwicklung eines Immobilienrating-Systems: Anwendung bei Hotelimmobilien*. Norderstedt: BoD – Books on Demand.
- Doleschal, M. (2008). *Entwicklung eines Immobilienrating-Systems: Anwendung bei Hotelimmobilien*. norderstedt: Verlag BoD – Books on Demand.
- Dyas, S. (2013). *Nachhaltiges Verwendungs- und Entsorgungsverhalten privater Haushalte: Realisationschancen eines neuen Konsumleitbildes in Deutschland*. Wiesbaden : Springer-Verlag.
- Erich Czielski, M. G. (2002). *Einführung in die Energieeinsparverordnung 2002*. Berlin: Ernst & Sohn.
- Fischer, K. (2011). *Marktwertermittlung von Hotelimmobilien*. Weimar: Bauhaus-Universität Weimar.
- Fresner, J. (2009). *Ressourceneffizienz in der Produktion*. Düsseldorf: Symposion Publishing GmbH.
- Georg Hopfensperger, B. N. (2009). *EnEV-Novelle 2009 und neue Heizkostenverordnung: mit allen Änderungen durch das Klimaschutzprogramm*. München : Haufe-Lexware.
- Götze, U. (2008). *Investitionsrechnung: Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben*. Berlin: Springer.
- Grob, H. L. (2006). *Einführung in die Investitionsrechnung*. München : Franz Vahlen GmbH.
- Günter Wöhe, J. B. (2013). *Grundzüge der Unternehmensfinanzierung*. Frankfurt-Main: Vahlen.
- Haas, M. (2007 ). *Entwurf eines Modells zur vollständigen Finanzplanung von bauteilbezogenen Investitionsentscheidungen*. Weimar: Bauhaus-Universität Weimar.
- Hans Jürgen Krokiewicz, G. H. (2009). *Energiekosten für Gebäude senken*. München : Haufe-Lexware.
- Hans Jürgen Krokiewicz, G. H. (2009). *Energiekosten für Gebäude senken*. München: Haufe-Lexware.
- Hans-Dieter Hegner, G. H. (2005). *EnEV-Novelle 2004 - für die Praxis kommentiert: Erläuterungen zur Neufassung der gesetzlichen Regelungen und Normen*. Berlin : Ernst & Sohn.
- Hartmut Bieg, H. K. (2009). *Investition*. München : Vahlen.
- Hellerforth, M. (2008). *Immobilieninvestition und -finanzierung kompakt*. München : Oldenbourg .

- Hellerforth, M. (2014). *Energieeffizienz in der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft - inkl. Arbeitshilfen online: Nachhaltige Objektentwicklung nach der EnEV 2014*. Freiburg: Haufe-Lexware.
- Helmut Laux, R. M.-M. (2012). *Entscheidungstheorie*. Berlin : Springer.
- Jens Fleckenstein, B. G. (2009 ). *Excel - das Sparbuch: Finanzen im Griff*. München: Pearson Deutschland GmbH.
- Jens Liebchen, M. V. (2010). *Bau-Projekt-Management: Grundlagen und Vorgehensweisen*. Wiesbaden: Springer-Verlag.
- Joachim Martin, W. K.-H. (2011). *Zahlentafeln für den Baubetrieb*. Wiesbaden : Springer-Verlag.
- Joos, L. (2004). *Energieeinsparung in Gebäuden: Stand der Technik. Entwicklungstendenzen. gemäß EnEV 2002*. Vulkan-Verlag GmbH.
- Junghans, A. (2009). *Bewertung und Steigerung der Energieeffizienz kommunaler Bestandsgebäude: Entwicklung eines ganzheitlichen Verfahrens für die kommunale Praxis*. Wiesbaden : Springer-Verlag.
- Jürgen Hesse, M. N. (2007). *Marketing: Grundlagen*. Berlin : BWV Verlag.
- Karl J. Habermann, R. G. (2006). *Energieeffiziente Architektur: Grundlagen für Planung und Konstruktion*. München: Walter de Gruyter.
- Kleiner, T. (2003). *Wirtschaftliche und energetische Auswirkungen einer zentralen Energieversorgung (auf Basis Kraft-Wärme-Kopplungstechnik) auf das Energiekonzept eines Forschungsstandorts*. diplom.de.
- Knissel, J. (2002). *Energieeffiziente Bürogebäude mit reduzierten internen Wärmequellen und Wärmeschutz auf Passivhausniveau*. Berlin : Technische Universität Berlin.
- Königstein, T. (2009). *Ratgeber energiesparendes Bauen: Auf den Punkt gebracht: Neutrale Fachinformationen für mehr Energieeffizienz*. Stuttgart : Fraunhofer,IRB Verlag.
- Konrad Wimmer, E. C. (2013). *Finanzmathematik: Grundlagen und Anwendungsmöglichkeiten in der Investitions- und Bankwirtschaft*. München: Vahlen.
- Krimmling, J. (2008). *Facility-Management: Strukturen und methodische Instrumente*. Stuttgart : Fraunhofer IRB.
- Kuß, A. (2012). *Marktforschung: Grundlagen der Datenerhebung und Datenanalyse*. Wiesbaden: Springer-Verlag.
- Marcus Schuckel, W. T. (2007). *Theoretische Fundierung und Praktische Relevanz Der Handelsforschung*. Wiesbaden: Springer Science & Business Media.
- Martina Fidschuster, K. F. (2011). *Grundlagen des Hotelinvestments*. Berlin : Erich schmidt Verlag GmbH & Co. KG.
- Metzger, B. (2013). *Bauherren-Handbuch -mit Arbeitshilfen online: Vom Baugrubenaushub bis zur Schlüsselübergabe*. Freiburg : Haufe-Lexware.
- Michael Bauer, P. M. (2013). *Green Building: Leitfaden für nachhaltiges Bauen*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Müller, D. (2014). *Investitionscontrolling*. Berlin Heidelberg: Springer.
- Natho, E. (2008). *Die Bedeutung der Energieeffizienz von Gebäuden bei der Vermarktung von Immobilien*. Hamburg : Diplomica Verlag.
- Pepels, W. (2008). *Marktforschung. Verfahren, Datenauswertung, Ergebnisdarstellung*. Düsseldorf : Symposion Publishing GmbH.
- Prytula, M. (2011). *Ein integrales Energie- und Stoffstrommodell als Grundlage zur Bewertung einer nachhaltigen Entwicklung urbaner Systeme*. Berlin: Univerlag tuberlin.



- Rohde, C. (2008). *Die Energieeinsparverordnung 2007*. Hamburg: diplom.de.
- Sascha Paustian, M. G. (2014). *Das Buch zum Wirtschaftsfachwirt IHK: Zweite Auflage*. Heilbronn: Lernstarter Bildungs-medien UG.
- Schettler-Köhler, H.-P. (2009). *Die Energieeinsparverordnung 2009: Erläuterungen, Änderungen, Rechtstexte*. Berlin: Beuth Verlag.
- Schettler-Köhler, H.-P. (2014). *Die neue Energieeinsparverordnung: Erläuterungen, Änderungen, Rechtstexte Gültig ab 1. Mai 2014*. Berlin: Beuth Verlag.
- Schettler-Köhler, H.-P. (2014). *Die neue Energieeinsparverordnung: Erläuterungen, Änderungen, Rechtstexte Gültig ab 1. Mai 2014*. Berlin : Beuth Verlag.
- Schittich, C. (2003). *Solares Bauen: Strategien, Visionen, Konzepte*. Walter de Gruyter.
- Schmeisser, W. (2010). *Technologiemanagement und Innovationserfolgsrechnung*. München : Oldenbourg Verlag.
- Schmid, C. (2004). *Energieeffizienz in Unternehmen: eine wissensbasierte Analyse von Einflussfaktoren und Instrumenten*. Zürich: vdf Hochschulverlag AG.
- Schmid, C. (2013). *Heizung, Lüftung, Elektrizität: Energietechnik im Gebäude*. Zürich : vdf Hochschulverlag AG.
- Schulte, K.-W. (2005). *Handbuch Immobilien-Investition*. Köln : Rudolf Müller GmbH & CO.KG.
- Schulte, K.-W. (2008). *Immobilienökonomie: Band I: Betriebswirtschaftliche Grundlagen*. münchen: Oldenbourg Verlag.
- Stefan Onischke, G. H. (2008). *Der Energieausweis für Gebäude*. Haufe-Lexware.
- Thomas Bednar, W. S. (2012). *Bauphysik: Erweiterung 1: Energieeinsparung und Wärmeschutz. Energie-ausweis – Gesamtenergieeffizienz*. Wien: Springer Science & Business Media.
- Thomas Gramlich, B. P. (2010). *Energieausweis - Das große Kompendium: Grundlagen - Erstellung - Haftung*. Wiesbaden: © Vieweg+Teubner, GWV Fachverlage GmbH.
- Ulrich Battis, J. K. (2010). *Rechtsfragen der ökologischen Stadterneuerung*. Frankfurt : Peter Lang.
- Volland, J. (2009). *Energieeinsparverordnung EnEV mit ergänzenden Vorschriften*. München : Hüthig Jehle Rehm.
- Volland, J. (2014). *Energieeinsparverordnung (EnEV): Textausgabe mit Schnelleinstieg*. München : Hüthig Jehle Rehm.
- Weglage, A. (2008). *Energieausweis - Das Große Kompendium: Grundlagen - Erstellung – Haftung*. Wiesbaden: © Vieweg+Teubner, GWV Fachverlage GmbH.
- Weglage, A. (2010). *Energieausweis - Das Große Kompendium: Grundlagen - Erstellung – Haftung*. Wiesbaden : © Vieweg+Teubner, GWV Fachverlage GmbH.
- Wolfgang Breuer. (2007). *Investition I*. Springer DE.
- Wünsche, M. (2010). *Finanzwirtschaft der Bilanzbuchhalter: Mit Übungsklausuren Für Die IHK-Prüfung*. Wiesbaden : Springer DE.

## **Literaturverzeichnis-Web**

**Statistisches Bundesamt** (2014). *Daten zur Energiepreisentwicklung - Lange Reihen bis Mai 2014*: [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Preise/Energiepreise/EnergiepreisentwicklungP DF\\_5619001.pdf?](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Preise/Energiepreise/EnergiepreisentwicklungP DF_5619001.pdf?)

**DEHOGA** (2014). *Das Gastgewerbe im Zahlenspiegel*: <http://www.dehoga-bundesverband.de/zahlen-fakten/zahlenspiegel-und-branchenberichte/>

**Statista** (2013). *Gästeübernachtungen in deutschen Beherbergungsbetrieben von 1992 bis 2013 (in Millionen)*: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/29514/umfrage/gaesteuebernachtungen-in-deutschland-seit-1992/>

**DEHOGA** (2011). *Energiesparen leicht gemacht*: [http://www.hotelpower.ch/sites/default/files/energiebrschuere\\_20111.pdf](http://www.hotelpower.ch/sites/default/files/energiebrschuere_20111.pdf)

**Institut Wohnen und Umwelt (IWU)**. *Deutscher Gebäudebestand: Basisdaten Modellrechnungen bis 2020*: [http://www.iwu.de/fileadmin/user\\_upload/dateien/energie/ake44/IWU-Tagung\\_17-04-2008\\_-\\_Diefenbach\\_-\\_Basisdaten.pdf](http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/ake44/IWU-Tagung_17-04-2008_-_Diefenbach_-_Basisdaten.pdf)

**Energieverbrauch in der Hotellerie (2012)**. *zunehmende Bedeutung für Ressourcen und Klimaschutz*: [http://www.enob.info/fileadmin/media/Publikationen/EnOB/Fachartikel/DBZ\\_Voss\\_Energieverbrauch\\_Hotels\\_pdf.pdf](http://www.enob.info/fileadmin/media/Publikationen/EnOB/Fachartikel/DBZ_Voss_Energieverbrauch_Hotels_pdf.pdf)

**DEHOGA** (2012): [http://www.dehoga-bundesverband.de/fileadmin/Startseite/05\\_Themen/Energie/Broschuere\\_Energiesparen\\_leicht\\_gemacht\\_Okt\\_2012\\_final.pdf](http://www.dehoga-bundesverband.de/fileadmin/Startseite/05_Themen/Energie/Broschuere_Energiesparen_leicht_gemacht_Okt_2012_final.pdf)

**BMW** (2013). *Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) für die Jahre 2007 bis 2010*: <http://www.bmwi.de/DE/Mediathek/publikationen,did=452016.html>

**Tecson** 2013. *Entwicklung der Heizölpreise in Deutschland*: <http://www.tecson.de/pheizoel.html>

**Energy Systems Limited (BGR)** (2013). *Entwicklung des globalen Primärenergieverbrauchs nach Energieträgern und ein mögliches Szenario der künftigen Entwicklung*: [http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/Downloads/Energiestudie\\_2013.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/Downloads/Energiestudie_2013.pdf?__blob=publicationFile&v=5)

**Stepmap**: <http://www.stepmap.de/landkarte/deutschland-mit-grenzen-188662.png>

**BREEAM**: <http://www.breeam.org/>

**LEED**: <http://www.leed.net/>

**DGNB**: <http://www.dgnb.de/de/>

**DEHOGA**: <http://energiekampagne-gastgewerbe.de/>

**RAVEL (2010)**. *Energiemanagement in der Hotellerie*: [http://www.hotelpower.ch/sites/default/files/eidh\\_d\\_wkom\\_link\\_0.pdf](http://www.hotelpower.ch/sites/default/files/eidh_d_wkom_link_0.pdf)

**Hotelpower (2004)**. *Energieeffizienz und CO<sub>2</sub>-Emissionen der Schweizer Hotellerie*: [http://www.hotelpower.ch/sites/default/files/Energieeffizienz\\_und\\_CO2-Emissionen\\_in\\_Schweizer\\_Hotellerie\\_2003.pdf](http://www.hotelpower.ch/sites/default/files/Energieeffizienz_und_CO2-Emissionen_in_Schweizer_Hotellerie_2003.pdf)

**Hotelpower (2012)**. *Energiemanagement in der Hotellerie und Gastronomie*: [http://www.hotelpower.ch/sites/default/files/leitfaden\\_energiemanagement\\_-\\_2\\_auflage1.pdf](http://www.hotelpower.ch/sites/default/files/leitfaden_energiemanagement_-_2_auflage1.pdf)

**EEg-aktuell** (2014). <http://www.eeg-aktuell.de/>

**Statista 2015 über DEHOGA**.

<http://de.statista.com/statistik/daten/studie/30359/umfrage/klassifizierte-hotels-nach-anzahl-der-hotelsterne/>

**DEHOGA-Beleuchtung**. *Energiesparblatt: Beleuchtung*: [http://energiekampagne-gastgewerbe.de/images/stories/ESB/PDF/ESB/ESB03\\_Beleuchtung\\_.pdf](http://energiekampagne-gastgewerbe.de/images/stories/ESB/PDF/ESB/ESB03_Beleuchtung_.pdf)

**ZUB Systems GmbH** (2012). *Handbuch*: <http://www.zub-systems.de/files/downloads/ZH-Handbuch.pdf>

**Plattenwärmetauscher, Betriebs- und Installationsanleitung (2015)**: [http://www.buehler-technologies.com/fileadmin/ProduktPDFs/fluid/17\\_OEL-\\_Wasserkuehler/bd340001.pdf](http://www.buehler-technologies.com/fileadmin/ProduktPDFs/fluid/17_OEL-_Wasserkuehler/bd340001.pdf)

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Aufteilung der Hotellerie in Deutschland, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. DEHOGA (2014) .....	7
Abbildung 2: Entwicklung der Gästeübernachtungen bei Hotellerie in Deutschland, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. Statista (2013).....	8
Abbildung 3: Aufteilung des CO <sub>2</sub> Ausstoßes - Hotels versus Nichtwohngebäude, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. DEHOGA (2011) & Institut Wohnen und Umwelt (IWU).....	8
Abbildung 4: Einschätzung der Energiekosten, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. DEHOGA (2012) & die empirische Untersuchung in Stadthotels in Deutschland .....	9
Abbildung 5: Entwicklung der Heizölpreise in Deutschland, Quelle: Tecson (2013).....	14
Abbildung 6: Entwicklung des globalen Primärenergieverbrauchs nach Energieträgern und ein mögliches Szenario der künftigen Entwicklung, Quelle: Energy Systems Limited (BGR) (2013) .....	14
Abbildung 7: Verteilung der erforschten Hotels in Deutschland, Quelle: stepmap.....	32
Abbildung 8: Der Energieverbrauch (Wärme & Strom) bei jeweiligem Hotel .....	35
Abbildung 9: Aufteilung des Energieverbrauchs und der Energiekostenanteile für (Wärme & Strom) bei den Hotels.....	35
Abbildung 10: Darstellung des spezifischen Energie- und Warmwasserverbrauchs /m <sup>2</sup> EBF /a bei jeweiligem untersuchten Hotels .....	36
Abbildung 11: Aufteilung der Einschätzung der Energiekosten.....	38
Abbildung 12: Der Gesamtenergieverbrauch (Wärme & Strom) bei jeweiligem Hotel in kwh/m <sup>2</sup> EBF/Jahr.....	42
Abbildung 13: Aufteilung der eingesetzten Wärmeversorgungssysteme bei den erfassten Hotels .....	44
Abbildung 14: Aufteilung der eingesetzten Heizkessel-Bauarten bei den erfassten Hotels ....	46
Abbildung 15: Aufteilung der Wärmeabgabesysteme bei den erfassten Hotels .....	47
Abbildung 16: Umsetzungsgrad der Energiesparmaßnahmen im jeweiligen Hotel im Bereich Wärmeversorgungssystem .....	49
Abbildung 17: Aufteilung des Umsetzungsgrades der Energiesparmaßnahmen im Bereich Wärmeversorgungssystem .....	50
Abbildung 18: Die vorhandenen Bauarten der Lüftungs- und Klimaanlage .....	51
Abbildung 19: Aufteilung hinsichtlich der Nutzung von Wärmerückgewinnung bei den Hotels .....	52
Abbildung 20: Der Wärmeverbrauch bei jeweiligem Hotel in kwh/m <sup>2</sup> EBF/Jahr .....	52
Abbildung 21: Umsetzungsgrad der Energiesparmaßnahmen im jeweiligen Hotel in Bereichen Lüftungs- und Klimaanlage .....	53
Abbildung 22: Aufteilung des Umsetzungsgrades der Energiesparmaßnahmen in Bereichen Lüftungs- und Klimaanlage.....	54
Abbildung 23: Anteile der vorhandenen Leuchtmittel in den untersuchten Hotels .....	55
Abbildung 24: Anteile der vorhandenen Leuchtmittel im jeweiligen Hotel .....	55
Abbildung 25: Umsetzungsgrad der Energiesparmaßnahmen im jeweiligen Hotel im Bereich Beleuchtungsanlage.....	57

Abbildung 26: Aufteilung des Umsetzungsgrades der Energiesparmaßnahmen im Bereich Beleuchtungsanlage.....	58
Abbildung 27: durchschnittlicher Umsetzungsgrad der Energiesparmaßnahmen im jeweiligen Bereich der Gebäudetechnik .....	59
Abbildung 28: Umsetzungsgrad der Energiesparmaßnahmen im jeweiligen Hotel im gesamten Bereich der Gebäudetechnik bezogen auf den GEB/m <sup>2</sup> EBF/a.....	60
Abbildung 29: Die vorhandenen Baumaterialien im Bereich Außenwände .....	62
Abbildung 30: Die vorhandenen Baumaterialien im Bereich Dächer.....	62
Abbildung 31: Die vorhandenen Baumaterialien in Bereichen Fußboden, Kelleraußenwände und Kellerboden .....	63
Abbildung 32: Die vorhandenen Fenster-Arten .....	64
Abbildung 33: Die vorhandenen Fenster-U-Werte .....	64
Abbildung 34: Auswertung der Dämmungsdicke in Bezug auf den Wärmeverbrauch/m <sup>2</sup> EBF/a.....	68
Abbildung 35: Auswertung der vorhandenen Fenster U-Werte in Bezug auf den Wärmeverbrauch/m <sup>2</sup> EBF/a.....	69
Abbildung 36: Darstellung der Methodik 1 .....	77
Abbildung 37: Darstellung der Methodik 2 .....	78
Abbildung 38: Größe der Einzelhotelzimmer bei den untersuchten Hotels.....	96
Abbildung 39: Energiesparpotenziale durch die Optimierung der energetischen Qualität der Gebäudehülle bezüglich der transparenten Bauteile (Fenster).....	102
Abbildung 40: Energiesparpotenziale durch die Optimierung der energetischen Qualität der Gebäudehülle bezüglich der Dämmung .....	103
Abbildung 41: Energiesparpotenziale durch die Optimierung der energetischen Qualität der gesamten Gebäudehülle.....	104
Abbildung 42: Energiesparpotenziale-Fenster vs. Dämmung.....	105
Abbildung 43: Energiesparpotenziale durch die Optimierung des Wärmeversorgungssystems .....	106
Abbildung 44: Energiesparpotenziale durch die Optimierung der Lüftungsanlage.....	107
Abbildung 45: Energiesparpotenziale durch die Optimierung der Beleuchtungsanlage .....	108
Abbildung 46: Energiesparpotenziale durch die Optimierung der gesamten Gebäudetechnik .....	109
Abbildung 47: Energiesparpotenziale durch die Optimierung der einzelnen technischen Anlagen .....	110
Abbildung 48: Energiesparpotenziale durch die Optimierung der gesamten Gebäudetechnik .....	113
Abbildung 49: Energiesparpotenziale Gebäudehülle vs. Gebäudetechnik .....	114
Abbildung 50: Anteile der Energieeinsparung bei den untersuchten Hotelvarianten (Gebäudehülle vs. Gebäudetechnik) .....	114
Abbildung 51: Energiesparpotenziale durch die Optimierung der Gebäudetechnik & der Gebäudehülle.....	115
Abbildung 52: Energiesparpotenziale durch die Optimierung des Gesamthotelbetriebs .....	116
Abbildung 53: Zusammenfassung der Ergebnisse der energetischen Untersuchung .....	117

Abbildung 54: Methoden der Investitionsrechnung, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Schulte, 2005, S. 402) .....	121
Abbildung 55: Prinzip der Aufzinsung (gleicher Zinssatz), Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Götze, 2008, S. 67) .....	123
Abbildung 56: Prinzip der Aufzinsung (unterschiedlicher Zinssatz), Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Götze, 2008, S. 67) .....	123
Abbildung 57: Prinzip der Abzinsung (gleicher Zinssatz), Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Götze, 2008, S. 68) .....	124
Abbildung 58: Prinzip der Abzinsung (unterschiedlicher Zinssatz), Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Götze, 2008, S. 68) .....	124
Abbildung 59: Berechnung der Kapitalwertmethode, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Götze, 2008, S. 72) .....	125
Abbildung 60: Datenermittlung-VOFI, Quelle: Datenermittlung, i.A.a. (Schulte, 2005, S. 395) & eigene Datenermittlung .....	137
Abbildung 61: Grundmaßnahmen der Instandhaltung, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. DIN 31051:2012-09 .....	139
Abbildung 62: Hotelbereiche bezogen auf die Zahlungsströme, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Doleschal, 2008, S. 98,99) .....	140
Abbildung 63: Umsätze und Betriebskosten einer Hotelimmobilie, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Fischer, 2011, S. 234,236) .....	142
Abbildung 64: Das Prinzip zur Bestimmung der laufenden Einnahmen .....	143
Abbildung 65: Indirekte Zahlungen, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Jens Liebchen, 2010, S. 196) .....	145
Abbildung 66: Prinzip des Festdarlehens, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Wünsche, 2010, S. 155) .....	148
Abbildung 67: Prinzip des Tilgungsdarlehens, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Wünsche, 2010, S. 156) .....	149
Abbildung 68: Prinzip des Tilgungsdarlehens, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Wünsche, 2010, S. 156) .....	149
Abbildung 69: Menü-Blatt .....	153
Abbildung 70: Objektangaben .....	153
Abbildung 71: Berechnung der laufenden Einnahmen .....	157
Abbildung 72: Berechnung der laufenden Ausgaben .....	158
Abbildung 73: Investitionsrechnung (Variante 1: Investition im Bereich der Gebäudehülle-Dämmung gemäß den EnEV2007-Anforderungen) .....	160
Abbildung 74: Investitionsrechnung (Variante 2: Investition im Bereich der Gebäudehülle-Dämmung gemäß den EnEV2014-Anforderungen) .....	160
Abbildung 75: Ergebnisübersicht .....	161
Abbildung 76: Cash-Flow .....	161
Abbildung 77: Entwicklung der VOFI-EK-Rendite in Bezug auf die Investition im Bereich der Gebäudehülle-Fenster auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen .....	167
Abbildung 78: Entwicklung der VOFI-EK-Rendite in Bezug auf die Investition im Bereich der Gebäudehülle-Dämmung auf Grundlagen der EnEV Anforderungen .....	168

Abbildung 79: Entwicklung der VOFI-EK-Rendite in Bezug auf die Investition in die gesamte Gebäudehülle (Dämmung & Fenster) auf Grundlagen der EnEV Anforderungen .....	169
Abbildung 80: Darstellung und Vergleich der VOFI-EK-Rendite der Investitionen in die einzelnen Bauteile der Gebäudehülle der Hotels (Fenster & Dämmung) auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen mit der Opportunität .....	170
Abbildung 81: Darstellung und Vergleich des Amortisationszeitraumes der Investitionen in die einzelnen Bauteile der Gebäudehülle der Hotels (Fenster & Dämmung) auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen .....	171
Abbildung 82: Darstellung und Vergleich- VOFI-EK-Rendite und Amortisationszeitraum der Investitionen in die einzelnen Bauteile der Gebäudehülle der Hotels (Fenster & Dämmung) auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen .....	172
Abbildung 83: Darstellung und Vergleich- VOFI-EK-Rendite und Amortisationszeitraum der Investition in die gesamte Gebäudehülle der Hotels (Fenster & Dämmung) auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen .....	173
Abbildung 84: Entwicklung der VOFI-EK-Rendite in Bezug auf die Investition im Bereich des Gebäudetechnik-Wärmeversorgungssystems auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen .....	174
Abbildung 85: Entwicklung der VOFI-EK-Rendite in Bezug auf die Investition im Bereich der Gebäudetechnik-Lüftungs- und Klimaanlage auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen .....	175
Abbildung 86: Entwicklung der VOFI-EK-Rendite in Bezug auf die Investition im Bereich der Gebäudetechnik-Beleuchtungsanlage auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen.....	176
Abbildung 87: Entwicklung der VOFI-EK-Rendite in Bezug auf die Investition in die gesamte Gebäudetechnik auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen .....	177
Abbildung 88: Darstellung und Vergleich- VOFI-EK-Rendite der Investitionen in die einzelnen technischen Anlagen der Hotels auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen .....	178
Abbildung 89: Darstellung und Vergleich- Amortisationszeitraum der Investitionen in die einzelnen technischen Anlagen der Hotels auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen.....	180
Abbildung 90: Darstellung und Vergleich- VOFI-EK-Rendite und Amortisationszeitraum der Investitionen in die einzelnen technischen Anlagen der Hotels auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen .....	181
Abbildung 91: Darstellung und Vergleich- VOFI-EK-Rendite und Amortisationszeitraum der Investition in die gesamte Gebäudetechnik der Hotels auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen .....	182
Abbildung 92: Darstellung und Vergleich- VOFI-EK-Rendite und Amortisationszeitraum der Investition in Gebäudehülle vs. Gebäudetechnik auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen .....	183
Abbildung 93: Entwicklung der VOFI-EK-Rendite in Bezug auf die Investition im Gesamthotelbetrieb (Gebäudehülle & Gebäudetechnik) auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen .....	184
Abbildung 94: Darstellung und Vergleich- VOFI-EK-Rendite und Amortisationszeitraum der Investition im Gesamthotelbetrieb auf Grundlagen der EnEV-Anforderungen.....	185

Abbildung 95: Darstellung und Vergleich der VOFI-EK-Rendite & Amortisationszeitraum der berücksichtigten Investitionen bei den Hotels .....	186
Abbildung 96: Vergleich der VOFI-EK-Rendite mit den Energiesparpotenziale der jeweiligen Investition bei den Hotels.....	187
Abbildung 97: Inputgrößen und Zielgrößen der Investitionsrechnung der vorliegenden Arbeit .....	191
Abbildung 98: Sensitivitätsanalyse mit isolierten Inputgrößen .....	195
Abbildung 99: Sensitivitätsanalyse mit mehreren Inputgrößen .....	195
Abbildung 100: Einfluss der Schwankung der Inputgrößen auf die VOFI-Rendite der berücksichtigten Investitionen bei der EnEV2007-Hotelvarienate .....	208
Abbildung 101: Einfluss der Schwankung der Inputgrößen auf die VOFI-Rendite der berücksichtigten Investitionen bei der EnEV2014-Hotelvarienate .....	209
Abbildung 102: Einfluss der Schwankung der Inputgrößen auf den Amortisationszeitraum der berücksichtigten Investitionen bei der EnEV2007-Hotelvarienate .....	222
Abbildung 103: Einfluss der Schwankung der Inputgrößen auf den Amortisationszeitraum der berücksichtigten Investitionen bei der EnEV2014-Hotelvarienate .....	223
Abbildung 104: kritische Werte der Investitionskosten (EnEV2007-, und EnEV2014-Hotelvarianten).....	226
Abbildung 105: Die zulässige Steigerungsrate der Investitionskosten am Basis-Wert der Investitionskosten bei jeweiliger betrachteter Investition in den Hotels.....	227
Abbildung 106: kritische Werte der laufenden Einnahmen (EnEV2007-, und EnEV2014-Hotelvarianten).....	228
Abbildung 107: Die zulässige Senkungsrate der laufenden Einnahmen am Basis-Wert der laufenden Einnahmen bei jeweiliger betrachteter Investition in den Hotels.....	229
Abbildung 108: kritische Werte des Energiepreissteigerungsindex (EnEV2007-, und EnEV2014-Hotelvarianten).....	230
Abbildung 109: Die zulässige Senkungsrate des Energiepreissteigerungsindex am Basis-Wert des Energiepreissteigerungsindex bei jeweiliger betrachteter Investition in den Hotels .....	231
Abbildung 110: kritische Werte der langfristigen FK-Zinsen (EnEV2007-, und EnEV2014-Hotelvarianten).....	232
Abbildung 111: Die zulässige Steigerungsrate des langfristigen FK-Zinses am Basis-Wert des langfristigen FK-Zinses bei jeweiliger betrachteter Investition in den Hotels.....	233



## ***Tabellenverzeichnis***

Tabelle 1: Hoteldaten Erhebung, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. DEHOGA 2012 .....	12
Tabelle 2: Hauptproblemfelder in der Hotellerie 2010 Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. DEHOGA 2011 .....	12
Tabelle 3: Hauptproblemfelder in der Hotellerie 2011/12 Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. DEHOGA 2012 .....	12
Tabelle 4: Abschätzung des Energiekostenanteils und Beurteilung des Anteils nach Branchengruppen .....	13
Tabelle 5: spezifischer Energie- und Warmwasserverbrauch /m2 EBF /a bei jeweiligem untersuchten Hotels .....	36
Tabelle 6: Einschätzung der Energiekosten bei den Hotels .....	38
Tabelle 7: Baujahr der untersuchten Hotels .....	39
Tabelle 8: Bereiche der Energiesparmaßnahmen bei den untersuchten Hotels .....	40
Tabelle 9: Anzahl der Hotelzimmer und Suiten .....	41
Tabelle 10: Anzahl der Gastronomie-Bereiche bei den Hotels .....	41
Tabelle 11: Nutzungen in den untersuchten Hotels .....	42
Tabelle 12: Die vorhandenen Abteilungen im Wellnessbereich .....	42
Tabelle 13: Gesamtenergieverbrauch der Hotels in kwh/m2 EBF/Jahr .....	42
Tabelle 14: Dämmungsdicke-Wärmeverteilungssystem .....	46
Tabelle 15: Dämmungsdicke-Warmwasserverteilungssystem .....	47
Tabelle 16: Bestimmung der vorhandenen Energiesparmaßnahmen im Bereich Wärmeversorgungssystem .....	49
Tabelle 17: Der Wärmeverbrauch der Hotels in kwh/m2 EBF/Jahr .....	52
Tabelle 18: Bestimmung der vorhandenen Energiesparmaßnahmen in Bereichen Lüftungs- und Klimaanlage .....	53
Tabelle 19: Merkmale der vorhandenen Leuchtmittel, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. DEHOGA-Beleuchtung .....	55
Tabelle 20: Bestimmung der vorhandenen Energiesparmaßnahmen im Bereich Beleuchtungsanlage .....	57
Tabelle 21: Die vorhandenen Dämmstoffe .....	65
Tabelle 22: Anbringung der Dämmstoffe .....	67
Tabelle 23: Die eingesetzten Dämmungsdicken im jeweiligen Bereich der Gebäudehülle .....	67
Tabelle 24: Szenario1: Merkmale der Hotelvarianten .....	74
Tabelle 25: Szenario2: Merkmale der Hotelvarianten .....	74
Tabelle 26: Szenario3: Merkmale der Hotelvarianten .....	75
Tabelle 27: Merkmale der Gebäudehülle-Standard-Hotelvariante .....	79
Tabelle 28: Merkmale der Gebäudetechnik-Standard-Hotelvariante .....	79
Tabelle 29: Zusammenfassung der Merkmale der Standard-Hotelvariante .....	80
Tabelle 30: Nutzungsbereiche der Anlage-Standard-Hotelvariante .....	81
Tabelle 31: Art der Nutzung-Standard-Hotelvariante .....	81
Tabelle 32: Beleuchtungsarten und Nutzungsbereiche-Standard-Hotelvariante .....	81

Tabelle 33: Wärmedurchgangskoeffizient der Gebäudehülle-EnEV2007-Hotelvariante, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. EnEV 2007 .....	82
Tabelle 34: Beleuchtungsart und Nutzungsbereiche-EnEV2007-Hotelvariante.....	83
Tabelle 35: Beleuchtungsstärke in Hotelbereichen, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. DIN V 18599-10: Tabelle 5 .....	83
Tabelle 36: Zusammenfassung der Merkmale der EnEV2007-Hotelvariante, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. EnEV2007.....	88
Tabelle 37: Wärmedurchgangskoeffizient der Gebäudehülle-EnEV2014-Hotelvariante, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. EnEV 2014 .....	89
Tabelle 38: Beleuchtungsart und Nutzungsbereiche-EnEV2014-Hotelvariante.....	90
Tabelle 39: Anordnung der Beleuchtungsanlage der EnEV2014- Hotelvariante, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. DIN V 18599-4:2011-12:Tabelle A.5.....	90
Tabelle 40: Beleuchtungsstärke in Hotelbereichen, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. DIN V 18599-10: Tabelle 5 .....	91
Tabelle 41: Zusammenfassung der Merkmale der EnEV2014-Hotelvariante, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. EnEV 2014.....	95
Tabelle 42: Größe der Hotelzimmer-Kategorien des Ausführungsmodells.....	97
Tabelle 43: Anteile der Hotelzimmer-Kategorien des Ausführungsmodells .....	97
Tabelle 44: Flächenverhältnisse des Ausführungsmodells gemäß DIN 277.....	98
Tabelle 45: U-Werte der Bauteile der Gebäudehülle der untersuchten Hotelvarianten.....	105
Tabelle 46: Merkmale der Hotelvarianten im Bereich Lüftungsanlage, i.A.a. Standard und EnEV-Anforderungen .....	111
Tabelle 47: Merkmale der Hotelvarianten im Bereich Wärmeversorgungssystem, i.A.a. Standard und EnEV-Anforderungen .....	112
Tabelle 48: Merkmale der Hotelvarianten im Bereich Beleuchtungsanlage, i.A.a. Standard und EnEV-Anforderungen .....	112
Tabelle 49: VOFI ohne Steuern, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Schulte, 2008, S. 655) ..	128
Tabelle 50: VOFI mit Steuern, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Schulte, 2008, S. 661) ..	130
Tabelle 51: Investitionsausgaben .....	138
Tabelle 52: Instandhaltungskosten .....	139
Tabelle 53: Umsätze und Betriebskosten einer Hotelimmobilie, Quelle: eigene Darstellung i.A.a. (Fischer, 2011, S. 234,236) .....	141
Tabelle 54: Habenzinsen und Sollzinsen .....	146
Tabelle 55: Energie-Preissteigerungsindex, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. Statistisches Bundesamt (2014) .....	146
Tabelle 56: Nutzungsdauer der Bauteile und technischen Anlagen in Hotels .....	147
Tabelle 57: langfristige Fremdkapitalzinsen .....	150
Tabelle 58: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition im Bereich der Gebäudehülle-Fenster-EnEV2007-Hotelvariante (Best 1)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp1)(€) .....	167
Tabelle 59: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition im Bereich der Gebäudehülle-Fenster-EnEV2014-Hotelvariante (Best 2)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp2)(€). .....	167

Tabelle 60: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition im Bereich der Gebäudehülle-Dämmung-EnEV2007-Hotelvariante (Best 1)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp1)(€). ....	168
Tabelle 61: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition im Bereich der Gebäudehülle-Dämmung-EnEV2014-Hotelvariante (Best 2)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp2)(€). ....	168
Tabelle 62: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition in die gesamte Gebäudehülle (Dämmung & Fenster) EnEV2007-Hotelvariante (Best 1)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp1)(€).....	169
Tabelle 63: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition in die gesamte Gebäudehülle (Dämmung & Fenster) EnEV2014-Hotelvariante (Best 2)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp2)(€).....	169
Tabelle 64: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition in Gebäudetechnik-Wärmeversorgungssystems-EnEV2007-Hotelvariante (Best 1)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp1)(€).....	174
Tabelle 65: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition in Gebäudetechnik-Wärmeversorgungssystem-EnEV2014-Hotelvariante (Best 2)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp2)(€).....	174
Tabelle 66: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition in Gebäudetechnik-Lüftungs- und Klimaanlage-EnEV2007-Hotelvariante (Best 1)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp1)(€) .....	175
Tabelle 67: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition in Gebäudetechnik-Lüftungs- und Klimaanlage-EnEV2014-Hotelvariante (Best 2)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp2)(€) .....	175
Tabelle 68: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition in Gebäudetechnik-Beleuchtungsanlage-EnEV2007-Hotelvariante (Best 1)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp1)(€).....	176
Tabelle 69: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition in Gebäudetechnik-Beleuchtungsanlage-EnEV2014-Hotelvariante (Best 2)(€)und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp2)(€).....	176
Tabelle 70: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition in die gesamte Gebäudetechnik-EnEV2007-Hotelvariante (Best 1)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp1)(€) .....	177
Tabelle 71: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition in die gesamte Gebäudetechnik-EnEV2014-Hotelvariante (Best 2)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp2)(€) .....	177
Tabelle 72: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition im Gesamthotelbetrieb-EnEV2007-Hotelvariante (Best 1)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp1)(€) .....	184
Tabelle 73: Entwicklung des Bestandssaldos der Investition im Gesamthotelbetrieb-EnEV2014-Hotelvariante (Best 2)(€) und des Bestandssaldos des Eigenkapitals (Opportunität) (Best Opp2)(€) .....	184

Tabelle 74: mögliche Ergebnisse einer Dreifach-Rechnungen, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Hartmut Bieg, 2009, S. 197) .....	189
Tabelle 75: Zusammenfassung der möglichen Schwankungen der betrachteten Inputgrößen .....	193
Tabelle 76: Sensitivitätsanalyse mit isolierten Inputgrößen .....	195
Tabelle 77: Sensitivitätsanalyse mit mehreren Inputgrößen .....	195
Tabelle 78: Sensitivitätsanalyse der VOFI-EK-Rendite-Investition-Lüftungs-und Klimaanlage:EnEV2007-Hotelvariante .....	206
Tabelle 79: Sensitivitätsanalyse der VOFI-EK-Rendite-Investition-Lüftungs- und Klimaanlage: EnEV2014-Hotelvariante .....	206
Tabelle 80: Abweichung der VOFI-Rendite der Investition im Bereich Lüftungs- und Klimaanlage gemäß den EnEV2007-Anforderungen durch die Schwankung der jeweiligen Inputgröße .....	207
Tabelle 81: Abweichung der VOFI-Rendite der Investition im Bereich Lüftungs- und Klimaanlage gemäß den EnEV2014-Anforderungen durch die Schwankung der jeweiligen Inputgröße .....	207
Tabelle 82: Die Absolute Abweichung der VOFI-Rendite der Investitionen bei der EnEV2007-Hotelvariante .....	208
Tabelle 83: Die Absolute Abweichung der VOFI-Rendite der Investitionen bei der EnEV2014-Hotelvariante .....	209
Tabelle 84: Sensitivitätsanalyse für den Amortisationszeitraum der Investition-Fenster: EnEV2007-Hotelvariante .....	220
Tabelle 85: Sensitivitätsanalyse für den Amortisationszeitraum der Investition-Fenster: EnEV2014-Hotelvariante .....	220
Tabelle 86: Abweichung des Amortisationszeitraumes der Investition im Bereich Gebäudehülle-Fenster gemäß den EnEV2007-Anforderungen durch die Schwankung der jeweiligen Inputgröße.....	221
Tabelle 87: Abweichung des Amortisationszeitraumes der Investition im Bereich Gebäudehülle-Fenster gemäß den EnEV2014-Anforderungen durch die Schwankung der jeweiligen Inputgröße.....	221
Tabelle 88: Die Absolute Abweichung des Amortisationszeitraumes der Investitionen bei der EnEV2007-Hotelvariante .....	222
Tabelle 89: Die Absolute Abweichung des Amortisationszeitraumes der Investitionen bei der EnEV2014-Hotelvariante .....	223

## ***Formelverzeichnis***

Formel 1: Die spezifische Ventilatorleistung.....	84
Formel 2: Berechnung des Effizienzfaktors der Pumpe.....	85
Formel 3: Berechnung der spezifischen elektrischen Leistung der Verteilung .....	85
Formel 4: Berechnung der elektrischen Aufnahmeleistung der Pumpe im Auslegungspunkt	85
Formel 5: Berechnung der Kühl- bzw. Kälteleistung der Kälteversorgungseinheit im Auslegungsfall.....	86
Formel 6: Die spezifische Ventilatorleistung.....	91
Formel 7: Berechnung der Kapitalwertmethode (mehrere Parameter), Quelle: (Götze, 2008, S. 73).....	125
Formel 8: Berechnung der Annuität, Quelle: (Götze, 2008, S. 94).....	129
Formel 9: Berechnung von VOFI-Eigenkapitalrentabilität und VOFI-Opportunität, Quelle: (Grob, 2006, S. 245).....	132
Formel 10: Berechnung von VOFI-Gesamtkapitalrentabilität, Quelle: (Brocke, 2011, S. 86) .....	133
Formel 11: Berechnung der durchschnittlichen Kapitalkosten, Quelle: (Brocke, 2011, S. 86) .....	133
Formel 12: VOFI-Endvermögen, Quelle: (Grob, 2006, S. 261) .....	134
Formel 13: Berechnung des Jährlichen Abschreibungsbetrags, Quelle: (Aubeck, 2012, S. 167) .....	144
Formel 14: Berechnung des Jährlichen Abschreibungsbetrags, Quelle: (Aubeck, 2012, S. 160) .....	144
Formel 15: Zinseszinsformel, Quelle: eigene Darstellung, i.A.a. (Konrad Wimmer, 2013, S. 16).....	146

## Anhang

### A-1. Anschaffungskosten der technischen Anlagen in Hotels

#### Wärmeversorgungssystem: beheizte Fläche 11541 m<sup>2</sup>

##### Merkmale und Anschaffungskosten

EnEV2007-Hotelvariante	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wärmeerzeugungsanlage: Niedertemperaturkessel, Gebläsebrenner, Erdgas, Aufstellung außerhalb der thermischen Hülle, Wasserinhalt &gt; 0,15 l/kW (Warmwasser: gemeinsame Wärmeerzeugung mit Heizung)</li> <li>Wärmeverteilung: Zweirohrnetz, Systemtemperatur 70/55 °C, hydraulisch abgeglichen, <math>\Delta p</math> konstant, Pumpe auf Bedarf ausgelegt</li> <li>Wärmeübergabe: freie Heizflächen an der Außenwand mit Glasfläche mit Strahlungsschutz, P-Regler (2K), keine Hilfsenergie.</li> <li>Warmwasserverteilung: Mit Zirkulation, <math>\Delta p</math> konstant, Pumpe auf Bedarf ausgelegt</li> <li>Warmwasserspeicher: indirekt beheizter Speicher (stehend)</li> </ul>
EnEV2014-Hotelvariante	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wärmeerzeugungsanlage: Brennwertkessel „verbessert“ nach DIN V 18599-5: 2011-12 Tabelle 47 Fußnote a, Gebläsebrenner, Heizöl EL, Aufstellung außerhalb der thermischen Hülle, Wasserinhalt &gt; 0,15 l/kW</li> <li>Wärmeverteilung: Zweirohrnetz, Systemtemperatur 70/55 °C, hydraulisch abgeglichen, <math>\Delta p</math> konstant, Pumpe auf Bedarf ausgelegt</li> <li>Wärmeübergabe: freie Heizflächen an der Außenwand (bei Anordnung vor Glasflächen mit Strahlungsschutz); P-Regler (1K), keine Hilfsenergie</li> <li>Solaranlage: Flachkollektoren (Kollektorfläche (Apertur): 195,47 m<sup>2</sup>)- Restbedarf über Wärmeerzeuger der Heizung</li> <li>Warmwasserverteilung: Mit Zirkulation</li> <li>Warmwasserspeicher: Bivalenter Solarspeicher</li> </ul>
Anschaffungskosten	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anschaffungskosten der Wärmeversorgungsanlage 70-80 €/ m<sup>2</sup> Durchschnitt der Kosten: 75 €/ m<sup>2</sup></li> <li>Abweichung der Kosten vom Wärmeversorgungssystem beträgt 10000 bis 20000 € (die Kosten des Wärmeversorgungssystems bei der EnEV2014-Hotelvariante sind ca. 10000 bis 20000 € höher gegenüber der Kosten des Wärmeversorgungssystems bei der EnEV2007-Hotelvariante)- Durchschnitt der Abweichung liegt bei 15000 €</li> <li>Anschaffungskosten-Solaranlage (Warmwasser): 300-500 €/ Kollektorfläche Durchschnitt der Kosten: 400 €/ Kollektorfläche</li> </ul>
Anschaffungskosten der Anlagen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anschaffungskosten der Wärmeversorgungsanlage für die EnEV2007-Hotelvariante: 865575,00 €</li> <li>Anschaffungskosten der Wärmeversorgungsanlage für die EnEV2014-Hotelvariante: 958763,00 €</li> </ul>

#### Lüftungs- und Klimaanlage: belüftete und klimatisierte Fläche 10379 m<sup>2</sup>

##### Merkmale der Lufttechnik

EnEV2007-Hotelvariante	<u>Zu- und Abluftanlage:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>spezifische Leistungsaufnahme Zuluftventilator PSFP = 1,6 kW/(m<sup>3</sup>/s)</li> <li>spezifische Leistungsaufnahme Abluftventilator PSFP = 1,25 kW/(m<sup>3</sup>/s)</li> <li>Wärmerückgewinnung über Kreislaufverbund-Kompaktwärmeübertrager: Rückwärmzahl <math>\eta_t</math> = 0,45</li> </ul>
EnEV2014-Hotelvariante	<u>Zu- und Abluftanlage:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>spezifische Leistungsaufnahme Zuluftventilator PSFP = 1,5 kW/(m<sup>3</sup>/s)</li> <li>spezifische Leistungsaufnahme Abluftventilator PSFP = 1,0 kW/(m<sup>3</sup>/s)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wärmerückgewinnung über Plattenwärmeübertrager (Kreuzgegenstrom): Rückwärmzahl <math>\eta_t = 0,6</math></li> </ul>
<b>Merkmale Raumkühlung</b>	
<b>EnEV2007-Hotelvariante</b>	<p><u>Raumkühlung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kaltwasser Fan-Coil 14/18°C Kaltwassertemperatur; Brüstungsgerät, Kaltwassertemperatur 14/18 °C</li> </ul> <p>Kaltwasserkreis Raumkühlung: 10% Überströmung*; spezifische elektrische Leistung der Verteilung <math>P_{d, spez} = 35 \text{ Wel/kWKälte}</math>, hydraulisch abgeglichen, geregelte Pumpe, Pumpe hydraulisch entkoppelt, vollautomatisierter bedarfsgesteuerter Betrieb</p> <p><u>Kälteerzeugung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Erzeuger: Kolben/Scrollverdichter mehrstufig schaltbar, R134a, luftgekühlt, Kaltwasser-temperatur: 6/12°C</li> <li>Kaltwasserkreis Erzeuger inklusive RLT-Kühlung: 30% Überströmung; spezifische elektrische Leistung der Verteilung <math>P_{d, spez} = 25 \text{ Wel/kW Kälte}</math>, hydraulisch abgeglichen, unregelmäßige Pumpe, Pumpe hydraulisch entkoppelt, vollautomatisierter bedarfsgesteuerter Betrieb. Verteilung außerhalb der konditionierten Zone</li> </ul>
<b>EnEV2014-Hotelvariante</b>	<p><u>Raumkühlung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kältesystem: Kaltwasser-Ventilator-konvektor, Brüstungsgerät Kaltwassertemperatur 14/18 °C</li> <li>Kaltwasserkreis Raumkühlung: Überströmung 10%, spezifische elektrische Leistung der Verteilung <math>P_{d, spez} = 30 \text{ Wel/kWKälte}</math>, hydraulisch abgeglichen, geregelte Pumpe, Pumpe hydraulisch entkoppelt, vollautomatisierter bedarfsgesteuerter Betrieb</li> </ul> <p><u>Kälteerzeugung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Erzeuger: Kolben/Scrollverdichter, mehrstufig schaltbar, R134a, luftgekühlt</li> <li>Kaltwasserkreis Erzeuger inklusive RLT-Kühlung: Überströmung 30 %, spezifische elektrische Leistung der Verteilung <math>P_{d, spez} = 20 \text{ Wel/kW Kälte}</math>, hydraulisch abgeglichen, unregelmäßige Pumpe, Pumpe hydraulisch entkoppelt, vollautomatisierter bedarfsgesteuerter Betrieb. Verteilung außerhalb der konditionierten Zone.</li> </ul>
<b>Anschaffungskosten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anschaffungskosten der Lüftungs- und Klimaanlage: 50-65 €/ m<sup>2</sup> Durchschnitt der Kosten: 57,5 €/ m<sup>2</sup></li> </ul>
<b>Abweichung der Kosten bei den beiden betrachteten Hotelvarianten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abweichung der Kosten von Lufttechnik beträgt 20000 bis 40000 € (die Kosten der Lufttechnik bei der EnEV2014-Hotelvariante sind ca. 20000 bis 40000 € höher gegenüber der Kosten der Lufttechnik bei der EnEV2007-hotelvariante)-Durchschnitt der Abweichung liegt bei 30000 €</li> <li>Abweichung der Kosten beträgt 5000 bis 15000 € (die Kosten der Klimaanlage bei der EnEV2014-Hotelvariante sind ca. 5000 bis 15000 € höher gegenüber der Klimaanlage bei der EnEV2007-hotelvariante)-Durchschnitt der Abweichung liegt bei 10000 €</li> </ul>
<b>Anschaffungskosten der Anlagen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anschaffungskosten der Lüftungs- und Klimaanlage für die EnEV2007-Hotelvariante: 596792,5 €</li> <li>Anschaffungskosten der Lüftungs- und Klimaanlage für die EnEV2014-Hotelvariante: 636792,5 €</li> </ul>

## Beleuchtungsanlage

### Merkmale und Anschaffungskosten

<b>EnEV2007-Hotelvariante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deckenleuchten mit Energiesparlampen (Kompaktleuchtstofflampe mit VVG (2x26w), Anzahl: 698 Stück, Kosten pro Stück: 280-300 €, Durchschnitt: 290€</li> <li>Anbaurasterleuchten mit stabförmige Leuchtstofflampen mit VVG (2x36w),</li> </ul>
-------------------------------	---

	<p>Anzahl: 67 Stück, Kosten pro Stück: 250-270 €, Durchschnitt: 260 €</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Anbaurasterleuchten mit Stabförmige Leuchtstofflampen mit VVG (2x18w), Anzahl: 18 Stück, Kosten pro Stück: 230-250 €, Durchschnitt: 240 €</li> <li>100 € pro Stück für weitere Zubehör der Anlage</li> </ul>
<b>EnEV2014-Hotelvariante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deckenleuchten mit Energiesparlampen (Kompaktleuchtstofflampe mit EVG (2x26w), Anzahl: 698 Stück, Kosten pro Stück: 290-310 €, Durchschnitt: 300€</li> <li>Anbaurasterleuchten mit Stabförmige Leuchtstofflampen mit EVG (2x36w), Anzahl: 67 Stück, Kosten pro Stück: 260-280 €, Durchschnitt: 270 €</li> <li>Anbaurasterleuchten mit Stabförmige Leuchtstofflampen mit EVG (2x18w), Anzahl: 18 Stück, Kosten pro Stück: 240-260 €, Durchschnitt: 250 €</li> <li>100 € pro Stück für weitere Zubehör der Anlage</li> </ul> <p><u>Präsenzmelder und Tageslichtabhängige</u></p> <p>Anzahl: 664 Stück, Kosten pro Stück: 40-60 €, Durchschnitt: 50 €</p>
<b>Anschaffungskosten der Anlagen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anschaffungskosten der Beleuchtungsanlage für die EnEV2007-Hotelvariante: 302460 €</li> <li>Anschaffungskosten der Beleuchtungsanlage für die EnEV2014-Hotelvariante: 343490 €</li> </ul>

## ***A-2. Anschaffungskosten der Bauteile in Hotels***

### **Gebäudehülle**

#### **Merkmale und Anschaffungskosten**

<b>EnEV2007-Hotelvariante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dämmung-Außenwand: Dämmungsstärke 100 mm, Fläche: 6431,04 m<sup>2</sup> Kosten / m<sup>2</sup>: 09-13 €/m<sup>2</sup>, Durchschnitt: 11 €/m<sup>2</sup></li> <li>Dämmung- Wände gegen Erdreich: Dämmungsstärke 60 mm, Fläche: 1155,25 m<sup>2</sup>, Kosten / m<sup>2</sup>: 22-26 €/m<sup>2</sup>, Durchschnitt: 24 €/m<sup>2</sup></li> <li>Dämmung- Kellerdecke zum unbeheizten Keller: Dämmungsstärke 60 mm, Fläche: 1185,47 m<sup>2</sup>, Kosten / m<sup>2</sup>: 22-26 €/m<sup>2</sup>, Durchschnitt: 24 €/m<sup>2</sup></li> <li>Dämmung- Flachdach: Dämmungsstärke 80 mm, Fläche: 2340,72 m<sup>2</sup>, Kosten / m<sup>2</sup>: 14-18 €/m<sup>2</sup>, Durchschnitt: 16 €/m<sup>2</sup></li> <li>Fenster: 2- Scheiben Isolierverglasung UW = 1,70 W/(m<sup>2</sup>·K), Fläche: 1156 m<sup>2</sup>, Kosten / m<sup>2</sup>: 170-225 €/m<sup>2</sup>, Durchschnitt: 197,5 €/m<sup>2</sup></li> </ul>
<b>EnEV2014-Hotelvariante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dämmung-Außenwand: Dämmungsstärke 120 mm, Fläche: 6431,04 m<sup>2</sup> Kosten / m<sup>2</sup>: 14-16 €/m<sup>2</sup>, Durchschnitt: 15 €/m<sup>2</sup></li> <li>Dämmung- Wände gegen Erdreich: Dämmungsstärke 80 mm, Fläche: 1155,25 m<sup>2</sup>, Kosten / m<sup>2</sup>: 34-38 €/m<sup>2</sup>, Durchschnitt: 36 €/m<sup>2</sup></li> <li>Dämmung- Kellerdecke zum unbeheizten Keller: Dämmungsstärke 80 mm, Fläche: 1185,47 m<sup>2</sup>, Kosten / m<sup>2</sup>: 34-38 €/m<sup>2</sup>, Durchschnitt: 36 €/m<sup>2</sup></li> <li>Dämmung- Flachdach: Dämmungsstärke 120 mm, Fläche: 2340,72 m<sup>2</sup>, Kosten / m<sup>2</sup>: 20-24 €/m<sup>2</sup>, Durchschnitt: 22 €/m<sup>2</sup></li> <li>Fenster: 2- Scheiben Isolierverglasung UW = 1,30 W/(m<sup>2</sup>·K), Fläche: 1156 m<sup>2</sup>, Kosten / m<sup>2</sup>: 210-250 €/m<sup>2</sup>, Durchschnitt: 230 €/m<sup>2</sup></li> </ul>
<b>Anschaffungskosten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anschaffungskosten der Gebäudehülle für die EnEV2007-Hotelvariante: Dämmung: 164370,20 €, Fenster: 228310 €</li> <li>Anschaffungskosten der Gebäudehülle für die EnEV2014-Hotelvariante: Dämmung: 232227,36 €, Fenster: 265880 €</li> </ul>



### A-3. Energiepreise pro kWh

Energieträger	Aktuelle Preise in ct pro kWh	Durchschnitt
Fernwärme	9,00-11,00 ct	10,00 ct
Erdgas	5,50-6,30 ct	5,90 ct
Heizöl	6,00-6,80 ct	6,40 ct
Strom	17,50-19,10 ct	18,30 ct

### A-4. Energieverbrauch jeweiliger Investition (absolut (kWh/a))

Investition	Standard-Hotelvariante	EnEV2007-Hotelvariante	EnEV2014-Hotelvariante
Fenster	2.321.323,00 (Fernwärme)	2.137.437,50 (Fernwärme)	2.089.214,25 (Fernwärme)
Dämmung	2.321.323,00 (Fernwärme)	2.180.414,00 (Fernwärme)	2.113.005,25 (Fernwärme)
Wärmeversorgungssystem	3.365.562,00 (Fernwärme)	2.925.759,13 (Erdgas)	2.598.631,94 (Heizöl)
Lüftungs- und Klimaanlage	2.321.323,00 (Fernwärme)	1.733.990,88 (Fernwärme)	1.642.129,00 (Fernwärme)
Lüftungs- und Klimaanlage	1.149.559,90 (Strom)	821.822,12 (Strom)	625.730,97 (Strom)
Beleuchtungsanlage	607.330,06 (Strom)	391.309,94 (Strom)	339.094,69 (Strom)
Gebäudehülle	2.321.323,00 (Fernwärme)	1.996.528,50 (Fernwärme)	1.880.896,50 (Fernwärme)
Gebäudetechnik	3.365.562,00 (Fernwärme)	2.338.427,01 (Erdgas)	1.919.437,94 (Heizöl)
Gebäudetechnik	1.756.889,96 (Strom)	1.213.132,06 (Strom)	964.825,66 (Strom)
Gesamthotelbetrieb	3.365.562,00 (Fernwärme)	2.013.632,51 (Erdgas)	1.479.011,44 (Heizöl)
Gesamthotelbetrieb	1.756.889,96 (Strom)	1.213.132,06 (Strom)	964.825,66 (Strom)

### A-5. Energiekosten bezogen auf den Energieverbrauch jeweiliger Investition

Investition	Standard-Hotelvariante	EnEV2007-Hotelvariante	EnEV2014-Hotelvariante
Fenster	232132,30 € (Fernwärme)	213743,75 € (Fernwärme)	208921,43 € (Fernwärme)
Dämmung	232132,30 € (Fernwärme)	218041,40 € (Fernwärme)	211300,53 € (Fernwärme)
Wärmeversorgungssystem	336556,20 € (Fernwärme)	172619,79 € (Erdgas)	166312,44 € (Heizöl)
Lüftungs- und Klimaanlage	232132,30 € (Fernwärme)	173399,09 € (Fernwärme)	164212,90 € (Fernwärme)
Lüftungs- und Klimaanlage	210369,46 € (Strom)	150393,45 € (Strom)	114508,76 € (Strom)
Beleuchtungsanlage	111141,40 € (Strom)	71609,72 € (Strom)	62054,33 € (Strom)
Gebäudehülle	232132,30 € (Fernwärme)	199652,85 € (Fernwärme)	188089,65 € (Fernwärme)
Gebäudetechnik	336556,20 € (Fernwärme)	137967,19 € (Erdgas)	122844,03 € (Heizöl)
Gebäudetechnik	321510,87 € (Strom)	222003,17 € (Strom)	176563,096 € (Strom)
Gesamthotelbetrieb	336556,20 € (Fernwärme)	118804,32 € (Erdgas)	94656,73 € (Heizöl)
Gesamthotelbetrieb	321510,87 € (Strom)	222003,17 € (Strom)	176563,096 € (Strom)

